



TUGAS AKHIR - SM141501

**METODE POHON BINOMIAL UNTUK
MENENTUKAN NILAI STOCK LOAN TANPA
DIVIDEN DALAM REGIME SWITCHING**

MUHAMMAD SABILA ZAMANI
NRP 1213 100 064

Dosen Pembimbing:
Endah Rokhmati M.P., Ph.D
Drs. Daryono Budi Utomo, M.Si

JURUSAN MATEMATIKA
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

Halaman ini sengaja dikosongkan.



FINAL PROJECT - SM141501

**BINOMIAL TREE METHOD FOR DETERMINING
THE PRICE OF STOCK LOAN WITHOUT
DIVIDEND IN REGIME SWITCHING**

MUHAMMAD SABILA ZAMANI
NRP 1213 100 064

Supervisors:
Endah Rokhmati M.P., Ph.D
Drs. Daryono Budi Utomo, M.Si

DEPARTMENT OF MATHEMATICS
Faculty of Mathematics and Natural Sciences
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

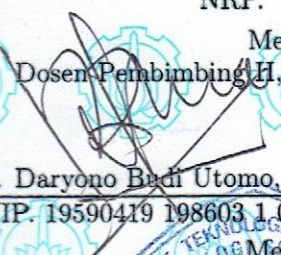
Halaman ini sengaja dikosongkan.

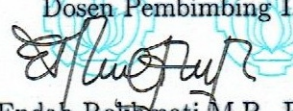
LEMBAR PENGESAHAN
METODE POHON BINOMIAL UNTUK
MENENTUNKAN NILAI *STOCK LOAN*
TANPA DIVIDEN DALAM *REGIME*
SWITCHING
BINOMIAL TREE METHOD FOR
DETERMINING THE PRICE OF STOCK
LOAN WITHOUT DIVIDEND IN REGIME
SWITCHING

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada
Bidang Studi Matematika Terapan
Program Studi S-1 Jurusan Matematika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya


Oleh:
MUHAMMAD SABILA ZAMANI
NRP. 1213 100 064

Menyetujui,
Dosen Pembimbing II, Dosen Pembimbing I,


Drs. Daryono Budi Utomo, M.Si
NIP. 19590419 198603 1 004


Endah Rokhmah M.P., Ph.D
NIP. 19761213 200212 2 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika


Dr. Imam Mukhlash, S.Si, MT
NIP. 19700831 199403 1 003

Halaman ini sengaja dikosongkan.

METODE POHON BINOMIAL UNTUK MENENTUKAN NILAI *STOCK LOAN* TANPA DIVIDEN DALAM *REGIME* *SWITCHING*

Nama Mahasiswa : MUHAMMAD SABILA ZAMANI
NRP : 1213 100 064
Jurusan : Matematika FMIPA-ITS
Pembimbing : 1. Endah Rokhmati M.P., Ph.D
2. Drs. Daryono Budi Utomo, M.Si

Abstrak

Model binomial dengan regime-switching dapat merepresentasikan nilai stock loan yang mengikuti proses stokastik. Stock loan merupakan salah satu alternatif menarik bagi investor untuk meningkatkan likuiditas tanpa harus menjual saham. Mekanisme stock loan menyerupai American call option dimana seseorang dapat meng-exercise setiap saat sebelum jatuh tempo perjanjian. Dari kesamaan mekanisme tersebut penentuan nilai stock loan dapat diinterpretasikan dari model American call option. Hasil simulasi menunjukkan bahwa nilai stock loan dalam regime-switching meningkat ketika nilai interest rate, stock price, volatility, maturity meningkat dan nilai stock loan menurun ketika suku bunga pinjaman meningkat.

Kata-kunci: *Stock loan, American call option, Regime-switching, Binomial*

Halaman ini sengaja dikosongkan.

BINOMIAL TREE METHOD FOR DETERMINING THE PRICE OF STOCK LOAN WITHOUT DIVIDEND IN REGIME SWITCHING

Name : MUHAMMAD SABILA ZAMANI
NRP : 1213 100 064
Department : Mathematics FMIPA-ITS
Supervisors : 1. Endah Rokhmati M.P., Ph.D
2. Drs. Daryono Budi Utomo, M.Si

Abstract

Binomial model with regime-switching may represents the price of stock loan which follows the stochastic process. Stock loan is one of alternative that appeal investors to get the liquidity without selling the stock. The stock loan mechanism resembles that of American call option when someone can exercise any time during the contract period. From the resembles both of mechanism, determination price of stock loan can be interpreted from the model of American call option. The simulation result shows that the price of stock loan under a regime-switching increases when interest rate, stock price, volatility, maturity increases and the price of stock loan decreases when interest rate of loan increases.

Keywords: *Stock loan, American call option, Regime-switching, Binomial*

Halaman ini sengaja dikosongkan.

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan Alhamdulillah, segala puji dan syukur bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat, kasih sayang, dan petunjuk-NYA, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul:

METODE POHON BINOMIAL UNTUK MENENTUKAN NILAI *STOCK LOAN* TANPA DIVIDEN DALAM *REGIME SWITCHING*

sebagai salah satu syarat kelulusan Program Sarjana Matematika FMIPA ITS.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini, dapat terselesaikan dengan baik berkat adanya bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Disampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu atas terselesaikannya Tugas Akhir ini:

1. Dr. Imam Mukhlash, S.Si, MT. selaku Ketua Jurusan Matematika ITS yang telah memberikan dukungan dan motivasi selama perkuliahan hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Didik Khusnul Arif, S.Si, M.Si selaku Kaprodi S1 Matematika ITS dan Bapak Drs. Iis Herisman, M.Sc selaku Sekretaris Kaprodi S1 Matematika ITS.
3. Ibu Endah Rokhmati M.P., Ph.D. dan Bapak Drs. Daryono Budi Utomo, M.Si. selaku dosen pembimbing atas segala arahan, bimbingan dan motivasinya kepada penulis, sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.

4. Bapak Drs. Kamiran, M.Si selaku dosen wali yang telah memberikan nasihat dan arahan selama penulis menempuh perkuliahan di Jurusan Matematika FMIPA ITS.
5. Pihak pemberi beasiswa yang telah memberikan dana perkuliahan sehingga penulis terbantu secara finansial.
6. Bapak Ibu dosen serta seluruh staf Tenaga Kependidikan jurusan Matematika Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
7. Seluruh pihak yang telah memberikan saran, dukungan dan motivasi dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan ini masih terdapat kekurangan, sehingga segala kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat diharapkan untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini. Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis sendiri pada khususnya dan pembaca pada umumnya.

Surabaya, Desember 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR SIMBOL	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan	4
1.5 Manfaat	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Penelitian Terdahulu	7
2.2 Option	7
2.3 Proses Stokastik	9
2.4 Markov Regime Switching	9
2.5 <i>Stock Loan</i>	10
2.6 Metode Pohon Binomial	11
BAB III METODE PENELITIAN	13
3.1 Studi Literatur	13
3.2 Analisis Permasalahan	13

3.3	Simulasi dengan Menggunakan <i>Software</i> MATLAB	14
3.4	Analisis Hasil Simulasi	14
3.5	Kesimpulan	14
BAB IV	ANALISIS DAN PEMBAHASAN	15
4.1	Pembentukan model binomial untuk <i>American call option</i> tanpa deviden	15
4.2	Pembentukan model binomial untuk <i>American call option</i> tanpa deviden dalam <i>regime-switching</i> satu periode	21
4.3	Pembentukan model binomial untuk <i>American call option</i> tanpa deviden dalam <i>regime-switching</i> multi periode	28
4.4	Pembentukan model <i>Stock Loan</i>	32
4.5	Pembentukan model binomial untuk <i>Stock loan</i> tanpa deviden dalam <i>regime-switching</i> multi periode	32
4.6	Analisis Hasil Simulasi	34
4.6.1	Laju perubahan nilai <i>stock loan</i> terhadap <i>interest rate</i>	34
4.6.2	Laju perubahan nilai <i>stock loan</i> terhadap <i>stock price</i>	36
4.6.3	Laju perubahan nilai <i>stock loan</i> terhadap <i>volatility</i>	38
4.6.4	Laju perubahan nilai <i>stock loan</i> terhadap waktu jatuh tempo (<i>maturity</i>)	39
4.6.5	Laju perubahan nilai <i>stock loan</i> terhadap suku bunga pinjaman (<i>gamma</i>)	41
4.7	<i>Finding Interest</i>	43
4.7.1	Model pergerakan harga saham dalam <i>regime-switching</i> berdasarkan pada partisi <i>state</i> berbentuk <i>Full Tree</i>	43

4.7.2	Model pergerakan harga saham dalam <i>regime-switching</i> berdasarkan nilai berbentuk graf	44
BAB V	PENUTUP	49
5.1	Kesimpulan	49
5.2	Saran	50
DAFTAR PUSTAKA		51
LAMPIRAN A	Listing Program Menentukan Nilai <i>Stock</i> <i>Loan</i> Tanpa Deviden Menggunakan Metode Binomial	53
LAMPIRAN B	Biodata Penulis	91

Halaman ini sengaja dikosongkan.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Grafik Perubahan Harga Saham	11
Gambar 2.2	Fluktuasi Harga Saham Secara Binomial	12
Gambar 3.1	Flowchart Metode Penelitian	14
Gambar 4.1	Model binomial untuk pergerakan harga saham	16
Gambar 4.2	Model binomial untuk pergerakan harga <i>payoff</i>	16
Gambar 4.3	Model pohon binomial untuk pergerakan saham satu periode dalam <i>regime-switching</i>	22
Gambar 4.4	Model pohon binomial untuk pergerakan <i>payoff</i> satu periode dalam <i>regime-switching</i>	22
Gambar 4.5	Pohon binomial untuk state 1 dan state 2	29
Gambar 4.6	Model pohon binomial untuk pergerakan saham multi periode dalam <i>regime switching</i>	30
Gambar 4.7	Model pohon binomial untuk pergerakan <i>payoff American call option</i> multi periode dalam <i>regime switching</i>	31
Gambar 4.8	Model Pohon binomial untuk pergerakan <i>payoff stock loan</i> multi periode dalam <i>regime switching</i>	33

Gambar 4.9	Flowchart program laju perubahan nilai <i>stock loan</i> terhadap <i>interest rate</i> . .	35
Gambar 4.10	<i>Stock Loan</i> vs <i>Interest rate</i>	36
Gambar 4.11	Flowchart program laju perubahan nilai <i>stock loan</i> terhadap <i>stock price</i> . .	37
Gambar 4.12	<i>Stock Loan</i> vs <i>Stock Price</i>	37
Gambar 4.13	Flowchart program laju perubahan nilai <i>stock loan</i> terhadap <i>volatility</i>	38
Gambar 4.14	<i>Stock Loan</i> vs <i>Volatility</i>	39
Gambar 4.15	Flowchart program laju perubahan nilai <i>stock loan</i> terhadap waktu jatuh tempo (<i>maturity</i>)	40
Gambar 4.16	<i>Stock Loan</i> vs Suku bunga Pinjaman (<i>Maturity</i>)	40
Gambar 4.17	Flowchart program laju perubahan nilai <i>stock loan</i> terhadap suku bunga pinjaman (<i>gamma</i>)	41
Gambar 4.18	<i>Stock Loan</i> vs Suku bunga pinjaman (<i>gamma</i>)	42
Gambar 4.19	Model pohon lengkap untuk pergerakan saham multi periode dalam <i>regime switching</i>	43
Gambar 4.20	Graf pergerakan harga saham dalam <i>regime-switching</i> untuk 2 periode	45
Gambar 4.21	Graf pergerakan harga saham dalam <i>regime-switching</i> untuk 3 periode	46
Gambar 4.22	Graf pergerakan harga saham dalam <i>regime-switching</i> untuk 4 periode	47

Daftar Simbol

S	Harga saham.
S_0	Harga saham pada saat $t = 0$.
S_T	Harga saham pada waktu T .
S_T^u	Harga saham meningkat pada waktu T .
S_T^d	Harga saham menurun pada waktu T .
$S_T^{k,u}$	Harga saham meningkat dengan <i>state</i> k pada waktu T .
$S_T^{k,d}$	Harga saham menurun dengan <i>state</i> k pada waktu T .
$S_n^{\alpha^\theta, \theta}$	Harga saham dengan <i>state</i> α^θ pada waktu n .
u	Rasio kenaikan harga saham.
d	Rasio penurunan harga saham.
q^u	Peluang bergerak meningkat.
q^d	Peluang bergerak menurun.
$q^{k,u}$	Peluang bergerak meningkat pada <i>state</i> k .
$q^{k,d}$	Peluang bergerak menurun pada <i>state</i> k .
T	<i>Maturity date</i> / tanggal jatuh tempo.
ΔT	Panjang periode.
α	<i>State</i> / keadaan
p_{11}	Peluang perubahan dari <i>state</i> 1 ke <i>state</i> 1.
p_{12}	Peluang perubahan dari <i>state</i> 1 ke <i>state</i> 2.
p_{21}	Peluang perubahan dari <i>state</i> 2 ke <i>state</i> 1.
p_{22}	Peluang perubahan dari <i>state</i> 2 ke <i>state</i> 2.
r	<i>Interest rate</i> .
K	<i>Strike price</i> .
q	Pinjaman.
γ	Bunga Pinjaman.
σ	<i>Volatility parameter</i> .
x	<i>Cash</i> / uang tunai.
x_k	<i>Cash</i> / uang tunai dengan <i>state</i> k .
y	Banyak lembar saham.
y_k	Banyak lembar saham dengan <i>state</i> k .

θ	<i>Node.</i>
Π	Nilai portofolio.
Π_0	Nilai portofolio pada waktu $t = 0$.
Π_0^k	Nilai portofolio dengan <i>state</i> k pada waktu $t = 0$.
Π_T^u	Nilai portofolio meningkat pada waktu T .
Π_T^d	Nilai portofolio menurun pada waktu T .
$\Pi_T^{k,u}$	Nilai portofolio meningkat dengan <i>state</i> k pada waktu T .
$\Pi_T^{k,d}$	Nilai portofolio menurun dengan <i>state</i> k pada waktu T .
V	Nilai <i>option</i> .
V_0	Nilai <i>option</i> pada saat $t = 0$.
V_T	Nilai <i>option</i> pada waktu T .
V_T^u	Nilai <i>option</i> meningkat pada waktu T .
V_T^d	Nilai <i>option</i> menurun pada waktu T .
$V_T^{k,u}$	Nilai <i>option</i> meningkat dengan <i>state</i> k pada waktu T .
$V_T^{k,d}$	Nilai <i>option</i> menurun dengan <i>state</i> k pada waktu T .
$V_n^{\alpha^\theta, \theta}$	Nilai <i>option</i> dengan <i>state</i> α^θ pada waktu n .

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab ini dipaparkan mengenai latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, dan manfaat dari tugas akhir ini.

1.1 Latar Belakang

Investasi bertujuan untuk memperoleh keuntungan besar di masa depan dengan menanamkan uang. Para investor tidak hanya berinvestasi pada aset real, seperti emas namun juga tertarik dengan aset keuangan, misalnya saham, obligasi, dan reksadana. Saham adalah surat berharga yang merupakan tanda kepemilikan seseorang atau badan terhadap suatu perusahaan dan pemegang saham berhak mendapatkan dividen berdasarkan banyaknya saham yang dimiliki. Semakin tinggi frekuensi transaksi saham tersebut, maka semakin tinggi pula likuiditas saham. Saham dengan likuiditas yang tinggi akan menarik minat banyak investor sehingga emiten yang telah menerbitkan saham akan mendapatkan modal yang banyak. Saham dengan likuiditas tinggi menguntungkan bagi kedua belah pihak antara investor dan emiten. Emiten akan lebih mudah terserap pasar dan terhindar dikeluarkannya dari pasar modal. Bagi investor saham tersebut akan lebih mudah ditransaksikan sehingga berpeluang mendapat *capital gain*.

Terkadang pemegang saham membutuhkan uang namun tidak ingin menjual saham yang dimiliki. Salah satu alternatif yang dapat diambil adalah *stock loan* yaitu kontrak dengan menjaminkan saham yang dimilikinya tanpa kehilangan kepemilikan dan dapat meningkatkan likuiditas

saham tersebut. *Lender* merupakan sebuah perusahaan atau bank yang menawarkan pinjaman dengan saham sebagai jaminannya. *Lender* dapat memiliki saham yang dijadikan jaminan ketika *borrower* tidak dapat menebus hutangnya sampai jatuh tempo. *Borrower* dapat menerima kembali saham yang dijaminakan ketika melunasi hutangnya dengan akumulasi bunga yang sudah ditentukan sebelum jatuh tempo [1].

Sebelum transaksi kontrak *stock loan*, *borrower* dan *lender* melakukan proses tawar-menawar harga *stock loan*. Harga kontrak *stock loan* ditentukan dengan kesepakatan penawaran antara *borrower* dan *lender*. Dalam proses penawaran harga kontrak perlu adanya harga kontrak yang sesuai dengan harga saham saat ini sebagai pertimbangan saat mengadakan kontrak *stock loan*.

Selama kontrak berlangsung, apabila harga saham meningkat maka *borrower* dapat membayar hutangnya untuk menyelesaikan kontraknya dan menerima kembali sahamnya untuk menghasilkan keuntungan. *Borrower* berkewajiban membayar pinjaman dianggap sebagai *holder* pada *call option*. *Lender* memberikan pinjaman berupa uang dengan jaminan saham kepada *borrower* dianggap sebagai *writer*. Hak *borrower* untuk mengakhiri kontrak kapanpun selama waktu kontrak dianggap sebagai hak *early exercise call option*. *Borrower* diperbolehkan tidak menebus hutangnya dan menyerahkan jaminannya berupa saham ketika harga saham turun di bawah total nilai pinjaman. Kondisi tersebut mirip dengan kondisi *option* yang tidak di-*exercise* yang hanya kehilangan preminya saja. Dari kesamaan mekanisme *stock loan* dengan *american call option*, maka *stock loan* dapat dianggap sebagai model *american call option* dengan *strike price* yang bergantung waktu [1].

Untuk menghitung nilai *option* dapat menggunakan

model *Black-Scholes*, namun untuk fluktuasi pasar antara *state* (keadaan) *bull* dan *bear* akan lebih realistis dalam merepresentasikan kondisi pasar dengan mengasumsikan *regime switching* dua *state*. Perubahan *state* tersebut dapat menggambarkan keadaan pasar dengan volatilitas yang mempunyai nilai berbeda. Model *regime-switching* dibentuk dengan menggabungkan dua atau lebih *state* melalui rantai markov dengan perubahan *state* berhingga. Model *Black-Scholes* dengan *regime-switching* dua *state* dapat mencerminkan keadaan pasar yang lebih realistis sesuai dengan proses stokastik.

Kenyataannya terkadang sulit untuk mencari solusi analitik atau eksak sehingga cara lainnya adalah dengan solusi numerik atau pendekatan. Model binomial dapat menangani keragaman kondisi dimana model *Black-Scholes* tidak diterapkan. *Derivative securities* yang kompleks contohnya *american option* dimana dapat di-*exercise* di sebarang titik. Dengan model binomial kita dapat menghitung nilai *stock loan* dengan *exercise* di sebarang titik. Dalam Tugas Akhir ini, akan dibahas menentukan nilai *stock loan* tanpa dividen dalam *regime-switching* dua *state* menggunakan metode pohon binomial.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka disusunlah suatu rumusan masalah yang dibahas dalam tugas akhir ini, yaitu:

1. Bagaimana perhitungan nilai *stock loan* tanpa dividen dalam *regime-switching* dua *state* menggunakan metode pohon binomial.
2. Bagaimana analisis hasil perhitungan nilai *stock loan* tanpa dividen dalam *regime-switching* dua *state* menggunakan metode pohon binomial.

1.3 Batasan Masalah

Batasan permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini antara lain:

1. *Regime-switching* dua *state*, yaitu *bull state* dan *bear state*.
2. Tanpa dividen.
3. Periode peminjaman berhingga.
4. Tanggal jatuh tempo terbatas (*finite maturity*).

1.4 Tujuan

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini antara lain:

1. Mendapatkan nilai *stock loan* tanpa dividen dalam *regime-switching* dua *state* menggunakan metode pohon binomial.
2. Mengetahui analisis hasil perhitungan nilai *stock loan* tanpa dividen dalam *regime-switching* dua *state* menggunakan metode pohon binomial.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dalam penelitian tugas akhir ini adalah menentukan penyelesaian numerik dengan metode pohon binomial dalam nilai *stock loan* tanpa dividen dalam *regime-switching* dua *state*, sehingga dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan investor dalam pengambilan keputusan saat mengadakan kontrak.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan Tugas Akhir ini disusun dalam lima bab, yaitu:

1. BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang gambaran umum dari penulisan

Tugas Akhir yang meliputi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan.

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi penelitian terdahulu dan teori-teori yang terkait dengan permasalahan dalam Tugas Akhir ini, *option*, proses stokastik, rantai markov waktu kontinu, *stock loan*, dan metode pohon binomial.

3. BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini dijelaskan langkah-langkah sistematis yang dilakukan dalam proses pengerjaan Tugas Akhir. Langkah-langkah tersebut antara lain studi literatur, analisis permasalahan, simulasi dengan menggunakan software MATLAB, analisis hasil simulasi, dan penyusunan laporan tugas akhir yang berisi kesimpulan berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan.

4. BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini dibahas secara detail mengenai solusi numerik dari metode pohon binomial untuk menentukan nilai *stock loan* tanpa dividen dalam *regime-switching* dua *state*.

5. BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan akhir yang diperoleh dari Tugas Akhir serta saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

Halaman ini sengaja dikosongkan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dipaparkan mengenai penelitian terdahulu dan teori-teori yang menunjang tugas akhir, antara lain penelitian terdahulu, *option*, proses stokastik, rantai markov waktu kontinu, *stock loan*, dan metode pohon binomial.

2.1 Penelitian Terdahulu

Cox, dkk telah meneliti pendekatan numerik sederhana untuk menghitung nilai *option*. Sebelumnya untuk menghitung *option* menggunakan model Black-Scholes yang telah diturunkan dengan metode yang lebih sulit [2]. Dai dan Xu telah meneliti pinjaman *stock loan* dapat di kembalikan setiap saat sebelum jatuh tempo maupun pada saat jatuh tempo. Mereka menyajikan model harga *stock loan* dengan berbagai cara pembagian dividen. Pembagian dividen sangat mempengaruhi menentukan strategi penebusan yang di lakukan oleh peminjam. Pendekatan analitik dan numerik dilakukan untuk menguji strategi penebusan pinjaman. Uji secara numerik dengan metode binomial menunjukkan hasil yang lebih baik [3].

Bollen menjelaskan metode *lattice-based* untuk menentukan harga *european option* dan *american option* dengan menggunakan *regime switching* [4]. Yuan, dkk menunjukkan *american option* dalam model *regime-switching* dengan menggunakan metode pohon binomial [5].

2.2 Option

Option adalah kontrak resmi antara *holder* dan *writer* yang memberikan hak (tanpa adanya kewajiban) kepada

holder untuk membeli (*call option*) atau menjual (*put option*) sebuah *underlying asset* dengan harga tertentu (*exercise price/strike price*) dan pada waktu tertentu (*expiration date/maturity date*) sesuai dengan kesepakatan [6].

Komponen-komponen yang mendasari *option* dapat diuraikan sebagai berikut[7]:

1. *Premium*

Premium adalah harga yang dibayar untuk kontrak awalnya oleh pembeli *option* kepada penjual *option*.

2. *Underlying asset*

Underlying asset adalah aset mendasar yang diperjualbelikan dalam transaksi *option*. Contoh: saham, obligasi, komoditi, dll. *Underlying asset* yang diperdagangkan dalam pasar *option* hanya tersedia untuk sekuritas-sekuritas tertentu dan indeks-indeks yang disetujui.

3. *Strike price/Exercise price*

Strike price/exercise price adalah harga pembelian atau penjualan yang telah ditentukan untuk *underlying asset* jika *option* di-*exercise*. Untuk *call option*, *strike price* berarti harga yang harus dibayar (dibeli) pemilik *call option* pada saat jatuh tempo. Sedangkan bagi pemegang *put option*, harga yang akan diterima oleh pemilik *put option* dari penjual *put option*.

4. *Expiration date/Maturity date*

Expiration date/maturity date adalah tanggal pada kontrak *option* yang dapat dilaksanakan transaksi (*exercise*) atau tanggal pada kontrak *option* yang diberikan kepada pemegang hak. Setelah melewati

expiration date maka *option* dinyatakan kadaluarsa atau tidak dapat di-*exercise*.

5. *Intrinsic value*

Intrinsic value adalah suatu nilai nyata dari premi sebuah *option* yang merupakan selisih antara *strike price* dan harga *underlying asset*.

6. *Time value*

Time value adalah jumlah dimana harga *option* melebihi nilai intrinsiknya.

2.3 Proses Stokastik

Suatu variabel dikatakan mengikuti proses stokastik apabila variabel tersebut berubah nilainya seiring waktu dengan cara yang tidak pasti. Proses stokastik didefinisikan sebagai berikut:

Proses stokastik adalah kumpulan variabel acak $\{X_t(s), t \geq 0, s \in S\}$ dengan t menyatakan waktu dan $X_t(s)$ menyatakan variabel acak yang didefinisikan dalam S yang disebut *state space* pada saat waktu t .

Perubahan harga saham dinilai cukup cepat. Berdasarkan faktor tersebut maka dapat dikatakan bahwa perubahan harga saham mengikuti gerak *Brownian*. Karena $X_t(s)$ adalah variabel acak maka tidak dapat diketahui pasti pada keadaan mana proses tersebut berada pada saat t [8].

2.4 Markov Regime Switching

Pada rantai markov terdapat proses *jumping* pada beberapa *state* salah satunya adalah proses *regime-switching*. Model Markov-switching tidak terbatas pada dua rezim, umumnya menggunakan model dua rezim. X_t adalah rantai markov waktu kontinu dua *state*, artinya terjadi perubahan nilai X_t seiring perubahan *state*-nya, yang dinyatakan sebagai berikut[9]:

$$X_t = \begin{cases} 1, & \text{jika keadaan ekonomi sedang meningkat.} \\ 2, & \text{jika keadaan ekonomi sedang menurun.} \end{cases}$$

Selanjutnya, dibentuk matriks probabilitas transisi $P_{ij}(t) = P\{X(t+s) = j | X(s) = i\}$ dari rantai markov. Keadaan saat ini adalah *state* i dan keadaan yang akan datang adalah *state* j . Misalkan $M = \{1, 2\}$ dan $P(t) = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} \\ p_{21} & p_{22} \end{bmatrix}$ dimana $0 \leq p_{ij} \leq 1$ dan $\sum_{j=1}^2 p_{ij} = 1$ dengan $i, j \in M$.

2.5 Stock Loan

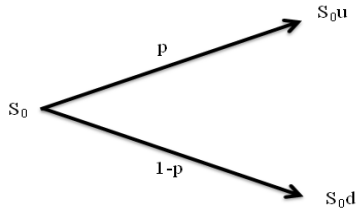
Stock loan adalah kontrak antara *borrower* dan *lender*, dimana *borrower* memberikan *collateral* (jaminan) dan *lender* memberikan *loan* (pinjaman). Ketika *borrower* membutuhkan uang tetapi tidak kehilangan kepemilikan sahamnya maka bisa menjaminkan sahamnya agar dapat uang. *Stock loan* tidak bisa dikonstruksikan ke *put option*, hanya bisa dikonstruksikan ke *call option*. Mekanisme dari *stock loan* sendiri menyerupai mekanisme *american call option* dan *stock loan* dapat dianggap sebagai *american option* dengan *strike price* yang bergantung pada waktu dimana jika dalam *american call option* dikenal istilah *holder* yakni orang yang membeli saham dan *writer* yakni orang yang menjual saham, maka di *stock loan* ada pihak yang mempunyai saham (*borrower*) dan pihak yang mempunyai uang (*lender*).

Borrower mengajukan pinjaman kepada *lender* (perusahaan pribadi atau bank) dengan menjaminkan saham (*stock*). *Borrower* tidak kehilangan hak kepemilikan dari *stock* tersebut, namun *lender* hanya berhak menyimpan *stock* yang dijaminkan saja. Jika *borrower* gagal untuk melunasi pinjaman sampai batas waktu yang ditentukan maka *stock* yang dijaminkan akan diambil alih oleh *lender*. Selama kontrak berlangsung, jika harga saham naik maka

borrower dapat membayar kembali pinjaman ditambah akumulasi bunga untuk menyelesaikan kontrak. Namun, jika harga saham turun, *borrower* dapat meninggalkan kewajibannya untuk membayar pinjaman (*walk away*) dan hanya kehilangan biaya premi saja [1].

2.6 Metode Pohon Binomial

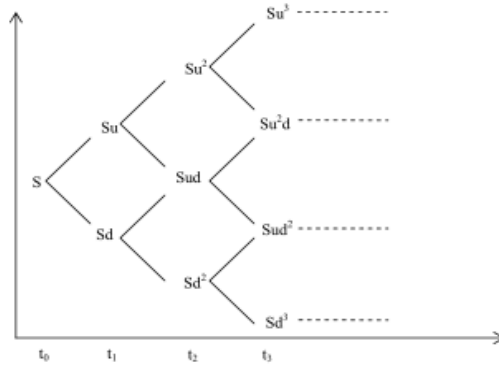
Model pohon binomial merupakan suatu bentuk cara penentuan harga *option* dimana mengasumsikan bahwa pergerakan sebuah saham hanya dapat memiliki dua nilai, yaitu saham meningkat (*up*) hingga harga tertinggi atau turun (*down*) hingga harga terendah. Metode binomial yang dikemukakan oleh Cox, dkk adalah salah satu pendekatan numerik yang terkenal untuk nilai *american option* [2].



Gambar 2.1: Grafik Perubahan Harga Saham

Misalkan harga saham pada saat $t = t_0$ adalah $S_0 = S_0^0 = S$, dan harga saham pada saat $t = t_1$ adalah $S_0^1 = S_d$ dan $S_1^1 = S_u$, sehingga secara umum harga saham pada waktu ke m , pada langkah ke mdt terdapat $m + 1$ kemungkinan nilai dari harga saham, dapat ditulis rumus umum

$$S_n^m = d^{m-n} U^n S_0^0, n = 0, 1, \dots, m.$$



Gambar 2.2: Fluktuasi Harga Saham Secara Binomial

sehingga diperoleh nilai-nilai option yang mungkin selama masa kontrak, untuk *American call option*

$$V_n^m = \max(S_n^m - K, 0).$$

Pada *American Option* kita bisa melakukan *exercise* kapanpun selama masa kontrak bahkan sebelum waktu jatuh tempo (*maturity date*). Sehingga perlu juga untuk menghitung nilai-nilai *option* yang mungkin terjadi selama masa kontrak, karena ada kemungkinan nilai-nilai *option* diwaktu-waktu tersebut (dalam selang waktu masa kontrak) lebih baik dari pada waktu pada saat jatuh temponya. Rumus Binomial untuk *American Option* dapat ditulis sebagai berikut[10]:

$$V_n^m = \max \left(\max(S_n^m - K, 0), e^{-r\Delta t} (pV_{n+1}^{m+1} + (1-p)V_n^{m+1}) \right)$$

dengan

$$p = \frac{e^{r\Delta t} - d}{u - d}$$

BAB III

METODE PENELITIAN

Langkah-langkah sistematis yang dilakukan dalam proses pengerjaan tugas akhir ini sebagai berikut:

3.1 Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan teori pendukung mengenai *option*, proses stokastik, rantai markov waktu kontinu, *stock loan*, dan metode pohon binomial.

3.2 Analisis Permasalahan

Pada tahap ini dilakukan analisis masalah yaitu dengan menyelesaikan metode pohon binomial untuk menghitung nilai *stock loan* tanpa dividen pada model *regime-switching* dua *state*, yaitu dengan pembentukan:

1. Model binomial untuk *American call option* tanpa dividen.
2. Model binomial untuk *American call option* tanpa dividen dalam *regime-switching* satu periode.
3. Model binomial untuk *American call option* tanpa dividen dalam *regime-switching* multi periode.
4. Pembentukan model *stock loan*.
5. Model binomial untuk *stock loan* tanpa dividen dalam *regime-switching* multi periode.

3.3 Simulasi dengan Menggunakan *Software* MATLAB

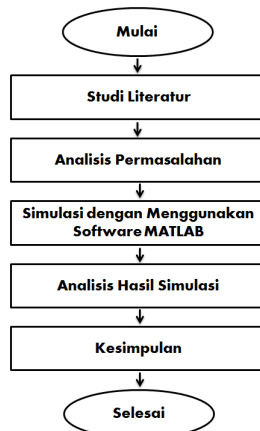
Tahapan ini dilakukan untuk mengetahui simulasi dari hasil yang telah didapat dengan menggunakan metode pohon binomial. Adapun *software* yang digunakan untuk simulasi adalah MATLAB.

3.4 Analisis Hasil Simulasi

Dalam tahapan ini dilakukan analisis hasil simulasi bagaimana hasil perhitungan nilai *stock loan* tanpa dividen dalam *regime-switching* dua *state* menggunakan metode pohon binomial, yaitu laju perubahan *stock loan* terhadap *interest rate*, *stock price*, *volatility*, waktu jatuh tempo (*maturity*), dan suku bunga pinjaman (*gamma*).

3.5 Kesimpulan

Dalam tahapan ini penulis menarik kesimpulan dari penyelesaian model binomial untuk menentukan nilai *stock loan* dalam *regime-switching* dan hasil simulasi



Gambar 3.1: Flowchart Metode Penelitian

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

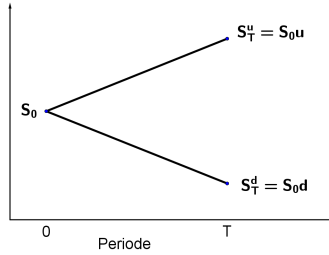
Bab ini dijelaskan analisis hasil dan pembahasan mengenai langkah-langkah dalam perhitungan nilai *stock loan* tanpa dividen dalam *regime-switching* dua *state* menggunakan metode pohon binomial. Untuk menghitung nilai *stock loan* dapat digunakan model binomial pada american call option karena persamaan mekanisme keduanya.

4.1 Pembentukan model binomial untuk *American call option* tanpa deviden

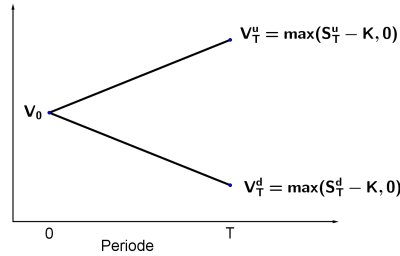
Pada tahap ini akan dibahas pembentukan model binomial untuk menghitung nilai *American call option* tanpa deviden. Model binomial mengasumsikan bahwa pergerakan suatu nilai dapat meningkat hingga harga tertinggi atau menurun hingga harga terendah. Misalkan harga saham pada awal waktu S_0 dapat mengalami pergerakan pada waktu T, yaitu:

$$S_T = \begin{cases} S_0 u, & \text{jika saham meningkat dengan peluang } q^u. \\ S_0 d, & \text{jika saham menurun dengan peluang } q^d. \end{cases}$$

Sehingga dapat dinyatakan model pohon binomial untuk pergerakan harga saham dapat meningkat hingga harga tertinggi atau menurun hingga harga terendah.



Gambar 4.1: Model binomial untuk pergerakan harga saham
 Nilai *payoff* saat waktu T adalah $V_T = \max(S_T - K, 0)$.



Gambar 4.2: Model binomial untuk pergerakan harga *payoff*
 Jika portofolio pada saat waktu 0 terdiri atas x uang tunai (cash) dan y saham.

$$\Pi_0 = x + yS_0$$

Saat waktu T, harga saham dapat bergerak meningkat $S_T = S_T^u = S_0 u$ atau bergerak menurun $S_T = S_T^d = S_0 d$ dan uang tunai dapat tumbuh *continous compounded interest rate* dengan suku bunga tanpa resiko xe^{rT} . Nilai portofolio pada saat waktu T adalah

$$\begin{aligned}\Pi_T^u &= xe^{rT} + yS_0 u \\ \Pi_T^d &= xe^{rT} + yS_0 d\end{aligned}$$

Agar meyakinkan bahwa portofolio Π bekerja, yaitu keuntungan opsi (V) yang dipegang oleh pembeli opsi

= keuntungan penjual opsi yang menginvestasikan uang kedalam suatu portofolio (II). Portofolio investor dipaksa mendapatkan keuntungan seperti bunga dibank. Investor mengharapkan tanpa melakukan apa-apa mendapatkan profit seperti kita menyimpan uang dibank. Sehingga

$$\Pi_T^u = V_T^u \text{ dan } \Pi_T^d = V_T^d$$

Sehingga mempunyai penyelesaian:

$$\begin{aligned} V_T^d &= \Pi_T^d \\ &= xe^{rT} + yS_0d \\ &= xe^{rT} + yS_T^d \end{aligned}$$

Kedua ruas dikali dengan S_T^u didapatkan

$$V_T^d S_T^u = xe^{rT} S_T^u + yS_T^d S_T^u \quad (4.1)$$

Selanjutnya

$$\begin{aligned} V_T^u &= \Pi_T^u \\ &= xe^{rT} + yS_0u \\ &= xe^{rT} + yS_T^u \end{aligned}$$

Kedua ruas dikali dengan S_T^d

$$V_T^u S_T^d = xe^{rT} S_T^d + yS_T^u S_T^d \quad (4.2)$$

Persamaan (4.1) dikurang persamaan (4.2) didapat

$$\begin{aligned} V_T^d S_T^u - V_T^u S_T^d &= (xe^{rT} S_T^u + yS_T^d S_T^u) - (xe^{rT} S_T^d + yS_T^u S_T^d) \\ V_T^d S_T^u - V_T^u S_T^d &= xe^{rT} S_T^u + yS_T^d S_T^u - xe^{rT} S_T^d - yS_T^u S_T^d \\ V_T^d S_T^u - V_T^u S_T^d &= xe^{rT} S_T^u - xe^{rT} S_T^d \\ V_T^d S_T^u - V_T^u S_T^d &= xe^{rT} (S_T^u - S_T^d) \\ xe^{rT} &= \frac{V_T^d S_T^u - V_T^u S_T^d}{S_T^u - S_T^d} \end{aligned}$$

Jadi,

$$x = \frac{V_T^d S_T^u - V_T^u S_T^d}{S_T^u - S_T^d} e^{-rT} \quad (4.3)$$

Penyelesaian lainnya didapatkan

$$\begin{aligned} V_T^u &= \Pi_T^u \\ &= x e^{rT} + y S_0 u \\ &= x e^{rT} + y S_T^u \end{aligned} \quad (4.4)$$

Selanjutnya

$$\begin{aligned} V_T^d &= \Pi_T^d \\ &= x e^{rT} + y S_0 d \\ &= x e^{rT} + y S_T^d \end{aligned} \quad (4.5)$$

Persamaan (4.4) dikurang persamaan (4.5) didapat

$$\begin{aligned} V_T^u - V_T^d &= (x e^{rT} + y S_T^u) - (x e^{rT} + y S_T^d) \\ V_T^u - V_T^d &= x e^{rT} + y S_T^u - x e^{rT} - y S_T^d \\ V_T^u - V_T^d &= y S_T^u - y S_T^d \\ V_T^u - V_T^d &= y (S_T^u - S_T^d) \end{aligned}$$

Jadi,

$$y = \frac{V_T^u - V_T^d}{S_T^u - S_T^d} \quad (4.6)$$

No-arbitrage menyatakan bahwa V_0 harus mempunyai nilai yang sama dengan Π_0 . Sehingga diperoleh

$$\begin{aligned} V_0 &= \Pi_0 \\ V_0 &= x + y S_0 \end{aligned}$$

Dari persamaan diatas disubstitusikan dengan persamaan (4.3) dan (4.6) didapat

$$\begin{aligned}
V_0 &= \frac{V_T^d S_T^u - V_T^u S_T^d}{S_T^u - S_T^d} e^{-rT} + \frac{V_T^u - V_T^d}{S_T^u - S_T^d} S_0 \\
V_0 &= \frac{V_T^d S_T^u - V_T^u S_T^d}{S_T^u - S_T^d} e^{-rT} + \frac{V_T^u - V_T^d}{S_T^u - S_T^d} S_0 \frac{e^{rT}}{e^{rT}} \\
V_0 &= e^{-rT} \left(\frac{V_T^d S_T^u - V_T^u S_T^d}{S_T^u - S_T^d} + \frac{V_T^u - V_T^d}{S_T^u - S_T^d} S_0 e^{rT} \right) \\
V_0 &= e^{-rT} \left(\frac{V_T^d S_T^u - V_T^u S_T^d + (V_T^u - V_T^d) S_0 e^{rT}}{S_T^u - S_T^d} \right) \\
V_0 &= e^{-rT} \left(\frac{V_T^d S_T^u - V_T^u S_T^d + V_T^u S_0 e^{rT} - V_T^d S_0 e^{rT}}{S_T^u - S_T^d} \right) \\
V_0 &= e^{-rT} \left(\frac{V_T^u S_0 e^{rT} - V_T^u S_T^d + V_T^d S_T^u - V_T^d S_0 e^{rT}}{S_T^u - S_T^d} \right) \\
V_0 &= e^{-rT} \left(\frac{V_T^u S_0 e^{rT} - V_T^u S_T^d}{S_T^u - S_T^d} + \frac{V_T^d S_T^u - V_T^d S_0 e^{rT}}{S_T^u - S_T^d} \right) \\
V_0 &= e^{-rT} \left(\frac{V_T^u (S_0 e^{rT} - S_T^d)}{S_T^u - S_T^d} + \frac{V_T^d (S_T^u - S_0 e^{rT})}{S_T^u - S_T^d} \right) \\
V_0 &= e^{-rT} \left(\frac{(S_0 e^{rT} - S_T^d) V_T^u}{S_T^u - S_T^d} + \frac{(S_T^u - S_0 e^{rT}) V_T^d}{S_T^u - S_T^d} \right) \\
V_0 &= e^{-rT} \left(\frac{S_0 e^{rT} - S_T^d}{S_T^u - S_T^d} V_T^u + \frac{S_T^u - S_0 e^{rT}}{S_T^u - S_T^d} V_T^d \right) \\
V_0 &= \frac{1}{e^{rT}} \left(\frac{S_0 e^{rT} - S_T^d}{S_T^u - S_T^d} V_T^u + \frac{S_T^u - S_0 e^{rT}}{S_T^u - S_T^d} V_T^d \right)
\end{aligned}$$

Misalkan $\rho = 1 + r\Delta T$, $u = e^{\sigma\sqrt{\Delta T}}$, dan $d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta T}}$.

$$\begin{aligned}
\rho &= 1 + r\Delta T \approx (1 + r)^{\Delta T} \\
&= \lim_{\Delta T \rightarrow 0} (1 + r)^{\Delta T} \\
&= \lim_{\Delta T \rightarrow 0} (1 + r)^{\left(\frac{1}{r}\right)(r)\Delta T} \\
&= \lim_{\Delta T \rightarrow 0} e^{r\Delta T} \\
&= e^{rT}
\end{aligned}$$

Substitusikan dengan permisalan tersebut

$$\begin{aligned}
V_0 &= \frac{1}{\rho} \left(\frac{S_0\rho - S_T^d}{S_T^u - S_T^d} V_T^u + \frac{S_T^u - S_0\rho}{S_T^u - S_T^d} V_T^d \right) \\
V_0 &= \frac{1}{\rho} \left(\frac{S_0\rho - S_0d}{S_0u - S_0d} V_T^u + \frac{S_0u - S_0\rho}{S_0u - S_0d} V_T^d \right) \\
V_0 &= \frac{1}{\rho} \left(\frac{S_0(\rho - d)}{S_0(u - d)} V_T^u + \frac{S_0(u - \rho)}{S_0(u - d)} V_T^d \right)
\end{aligned}$$

Jelas bahwa harga *option* saat waktu 0 adalah

$$V_0 = \frac{1}{\rho} \left(\frac{\rho - d}{u - d} V_T^u + \frac{u - \rho}{u - d} V_T^d \right)$$

Peluang untuk bergerak meningkat dan bergerak menurun didefinisikan q^u dan q^d berturut-turut adalah

$$q^u = \frac{\rho - d}{u - d}, \quad q^d = \frac{u - \rho}{u - d}$$

Jadi, Model binomial untuk harga *American call option* tanpa deviden adalah

$$V_0 = \frac{1}{\rho} (q^u V_T^u + q^d V_T^d)$$

4.2 Pembentukan model binomial untuk *American call option* tanpa deviden dalam *regime-switching* satu periode

Pada tahap ini akan dibahas pembentukan model binomial untuk menghitung nilai *American call option* dalam *regime-switching* satu periode. *Regime-switching* adalah suatu proses *jumping state* pada beberapa *state* yang terjadi pada rantai *markov*, namun pada Tugas Akhir ini dibatasi dengan dua *state*, yaitu *bull state* yang menyatakan keadaan ekonomi sedang meningkat dan *bear state* yang menyatakan keadaan ekonomi sedang menurun. Dimisalkan α_t adalah rantai *markov* waktu kontinu yang menggambarkan perubahan *state* yang terjadi dan dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\alpha_t = \begin{cases} 1, & \text{jika keadaan ekonomi meningkat / } \textit{bull state}. \\ 2, & \text{jika keadaan ekonomi menurun / } \textit{bear state}. \end{cases}$$

Sehingga dapat dibentuk matriks transisi probabilitas $P_{ij}(t) = P\{\alpha(t+s) = j | \alpha(s) = i\}$ dari rantai *markov* waktu kontinu. Keadaan saat ini adalah *state* i dan keadaan yang akan datang adalah *state* j . Misalkan $M = \{1, 2\}$ dan $\alpha_t \in M$ dapat dibentuk matrik transisi $P = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} \\ p_{21} & p_{22} \end{bmatrix}$ dimana $0 \leq p_{ij} \leq 1$ dan $\sum_{j=1}^2 p_{ij} = 1$ dengan $i, j \in M$.

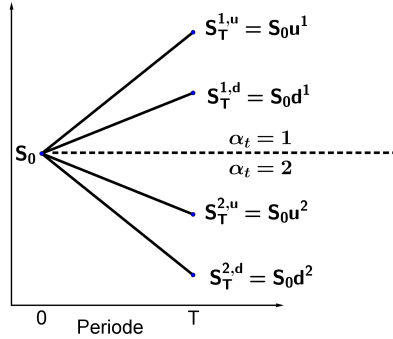
Nilai volatilitas pada setiap *state* adalah $\sigma^k = \sigma(\alpha_t = k)$ dengan $k = 1, 2$. Harga saham bergerak dengan waktu mulai 0 ke T dalam N diskrit, sehingga panjang periode $\Delta t = \frac{T}{N}$. S_0 adalah harga saham dengan *state* $\alpha_0 = 1$ saat awal waktu 0. Pada saat $T = \Delta t$ terjadi perubahan *state* yang dapat diambil satu dari dua nilai, yaitu:

$$\alpha_t = \begin{cases} \alpha^1, & \text{jika keadaan tetap.} \\ \alpha^2, & \text{jika keadaan berpindah.} \end{cases}$$

Dan Harga saham untuk waktu T dapat diambil satu dari empat nilai, yaitu:

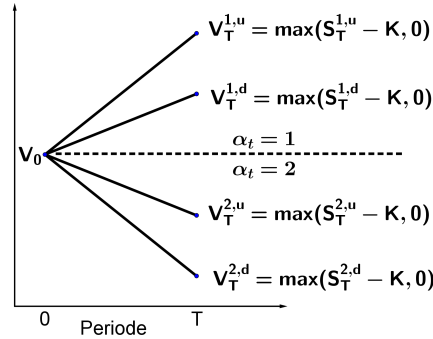
$$S_T^{k,u} = S_0 u^k, S_T^{k,d} = S_0 d^k \text{ dengan } k = 1, 2.$$

Sehingga dapat dinyatakan model pohon binomial untuk pergerakan harga saham dalam *regime switching* dua *state* untuk satu periode.



Gambar 4.3: Model pohon binomial untuk pergerakan saham satu periode dalam *regime-switching*

Nilai *payoff* saat waktu T adalah $V_T^{k,u} = \max(S_0 u^k - K, 0)$ atau $V_T^{k,d} = \max(S_0 d^k - K, 0)$ dengan $k = 1, 2$.



Gambar 4.4: Model pohon binomial untuk pergerakan *payoff* satu periode dalam *regime-switching*

Jika $\alpha_T = k$, portofolio pada saat waktu 0 terdiri atas x_k uang tunai (cash) dan y_k saham.

$$\Pi_0^k = x_k + y_k S_0$$

Saat waktu T , harga saham dapat bergerak meningkat $S_T = S_T^{k,u} = S_0 u^k$ atau bergerak menurun $S_T = S_T^{k,d} = S_0 d^k$ dengan $k = 1, 2$ dan uang tunai dapat tumbuh *continuous compounded interest rate* dengan suku bunga tanpa resiko $x_k e^{rT}$. Nilai portofolio pada saat waktu T adalah

$$\begin{aligned}\Pi_T^{k,u} &= x_k e^{rT} + y_k S_0 u^k \\ \Pi_T^{k,d} &= x_k e^{rT} + y_k S_0 d^k\end{aligned}$$

Agar meyakinkan bahwa portofolio Π_k bekerja, maka

$$\Pi_T^{k,u} = V_T^{k,u} \text{ dan } \Pi_T^{k,d} = V_T^{k,d}$$

Sehingga mempunyai penyelesaian:

$$\begin{aligned}V_T^{k,d} &= \Pi_T^{k,d} \\ &= x_k e^{rT} + y_k S_0 d^k \\ &= x_k e^{rT} + y_k S_T^{k,d}\end{aligned}$$

Kedua ruas dikali dengan $S_T^{k,u}$

$$V_T^{k,d} S_T^{k,u} = x_k e^{rT} S_T^{k,u} + y_k S_T^{k,d} S_T^{k,u} \quad (4.7)$$

Selanjutnya

$$\begin{aligned}V_T^{k,u} &= \Pi_T^{k,u} \\ &= x_k e^{rT} + y_k S_0 u^k \\ &= x_k e^{rT} + y_k S_T^{k,u}\end{aligned}$$

Kedua ruas dikali dengan $S_T^{k,d}$

$$V_T^{k,u} S_T^{k,d} = x_k e^{rT} S_T^{k,d} + y_k S_T^{k,d} S_T^{k,d} \quad (4.8)$$

Persamaan (4.7) dikurang persamaan (4.8) didapat

$$\begin{aligned}
V_T^{k,d} S_T^{k,u} - V_T^{k,u} S_T^{k,d} &= (x_k e^{rT} S_T^{k,u} + y_k S_T^{k,d} S_T^{k,u}) \\
&\quad - (x_k e^{rT} S_T^{k,d} + y_k S_T^{k,d} S_T^{k,d}) \\
V_T^{k,d} S_T^{k,u} - V_T^{k,u} S_T^{k,d} &= x_k e^{rT} S_T^{k,u} + y_k S_T^{k,d} S_T^{k,u} - x_k e^{rT} S_T^{k,d} \\
&\quad - y_k S_T^{k,d} S_T^{k,d} \\
V_T^{k,d} S_T^{k,u} - V_T^{k,u} S_T^{k,d} &= x_k e^{rT} S_T^{k,u} - x_k e^{rT} S_T^{k,d} \\
V_T^{k,d} S_T^{k,u} - V_T^{k,u} S_T^{k,d} &= x_k e^{rT} (S_T^{k,u} - S_T^{k,d}) \\
x_k e^{rT} &= \frac{V_T^{k,d} S_T^{k,u} - V_T^{k,u} S_T^{k,d}}{S_T^{k,u} - S_T^{k,d}}
\end{aligned}$$

Jadi,

$$x_k = \frac{V_T^{k,d} S_T^{k,u} - V_T^{k,u} S_T^{k,d}}{S_T^{k,u} - S_T^{k,d}} e^{-rT} \quad (4.9)$$

Penyelesaian lainnya didapatkan

$$\begin{aligned}
V_T^{k,u} &= \Pi_T^{k,u} \\
&= x_k e^{rT} + y_k S_0 u^k \\
&= x_k e^{rT} + y_k S_T^{k,u}
\end{aligned} \quad (4.10)$$

Selanjutnya

$$\begin{aligned}
V_T^{k,d} &= \Pi_T^{k,d} \\
&= x_k e^{rT} + y_k S_0 d^k \\
&= x_k e^{rT} + y_k S_T^{k,d}
\end{aligned} \quad (4.11)$$

Persamaan (4.10) dikurang persamaan (4.11) didapat

$$\begin{aligned}
V_T^{k,u} - V_T^{k,d} &= (x_k e^{rT} + y_k S_T^{k,u}) - (x_k e^{rT} + y_k S_T^{k,d}) \\
V_T^{k,u} - V_T^{k,d} &= x_k e^{rT} + y_k S_T^{k,u} - x_k e^{rT} - y_k S_T^{k,d} \\
V_T^{k,u} - V_T^{k,d} &= y_k S_T^{k,u} - y_k S_T^{k,d} \\
V_T^{k,u} - V_T^{k,d} &= y_k (S_T^{k,u} - S_T^{k,d})
\end{aligned}$$

Jadi,

$$y_k = \frac{V_T^{k,u} - V_T^{k,d}}{S_T^{k,u} - S_T^{k,d}} \quad (4.12)$$

No-arbitrage menyatakan bahwa V_0^k harus mempunyai nilai yang sama dengan Π_0^k . Sehingga diperoleh

$$\begin{aligned} V_0^k &= \Pi_0^k \\ V_0^k &= x_k + y_k S_0 \end{aligned}$$

Dari persamaan diatas disubstitusikan dengan persamaan (4.9) dan (4.12) didapat

$$\begin{aligned} V_0^k &= \frac{V_T^{k,d} S_T^{k,u} - V_T^{k,u} S_T^{k,d}}{S_T^{k,u} - S_T^{k,d}} e^{-rT} + \frac{V_T^{k,u} - V_T^{k,d}}{S_T^{k,u} - S_T^{k,d}} S_0 \\ V_0^k &= \frac{V_T^{k,d} S_T^{k,u} - V_T^{k,u} S_T^{k,d}}{S_T^{k,u} - S_T^{k,d}} e^{-rT} + \frac{V_T^{k,u} - V_T^{k,d}}{S_T^{k,u} - S_T^{k,d}} S_0 e^{rT} \\ V_0^k &= e^{-rT} \left(\frac{V_T^{k,d} S_T^{k,u} - V_T^{k,u} S_T^{k,d}}{S_T^{k,u} - S_T^{k,d}} + \frac{V_T^{k,u} - V_T^{k,d}}{S_T^{k,u} - S_T^{k,d}} S_0 e^{rT} \right) \\ V_0^k &= e^{-rT} \left(\frac{V_T^{k,d} S_T^{k,u} - V_T^{k,u} S_T^{k,d} + (V_T^{k,u} - V_T^{k,d}) S_0 e^{rT}}{S_T^{k,u} - S_T^{k,d}} \right) \\ V_0^k &= e^{-rT} \left(\frac{V_T^{k,d} S_T^{k,u} - V_T^{k,u} S_T^{k,d} + V_T^{k,u} S_0 e^{rT} - V_T^{k,d} S_0 e^{rT}}{S_T^{k,u} - S_T^{k,d}} \right) \\ V_0^k &= e^{-rT} \left(\frac{V_T^{k,u} S_0 e^{rT} - V_T^{k,u} S_T^{k,d} + V_T^{k,d} S_T^{k,u} - V_T^{k,d} S_0 e^{rT}}{S_T^{k,u} - S_T^{k,d}} \right) \\ V_0^k &= e^{-rT} \left(\frac{V_T^{k,u} S_0 e^{rT} - V_T^{k,u} S_T^{k,d}}{S_T^{k,u} - S_T^{k,d}} + \frac{V_T^{k,d} S_T^{k,u} - V_T^{k,d} S_0 e^{rT}}{S_T^{k,u} - S_T^{k,d}} \right) \end{aligned}$$

$$V_0^k = e^{-rT} \left(\frac{S_0 e^{rT} - S_T^{k,d}}{S_T^{k,u} - S_T^{k,d}} V_T^{k,u} + \frac{S_T^{k,u} - S_0 e^{rT}}{S_T^{k,u} - S_T^{k,d}} V_T^{k,d} \right)$$

$$V_0^k = \frac{1}{e^{rT}} \left(\frac{S_0 e^{rT} - S_T^{k,d}}{S_T^{k,u} - S_T^{k,d}} V_T^{k,u} + \frac{S_T^{k,u} - S_0 e^{rT}}{S_T^{k,u} - S_T^{k,d}} V_T^{k,d} \right)$$

Misalkan $\rho = 1 + r\Delta T$ dan $u_k = e^{\sigma^k \sqrt{\Delta T}}$, $d_k = e^{-\sigma^k \sqrt{\Delta T}}$ dengan $k = 1, 2$, $\sigma^k = \sigma(\alpha_t = k)$.

$$\begin{aligned} \rho &= 1 + r\Delta T \approx (1 + r)^{\Delta T} \\ &= \lim_{\Delta T \rightarrow 0} (1 + r)^{\Delta T} \\ &= \lim_{\Delta T \rightarrow 0} (1 + r)^{\left(\frac{1}{r}\right)(r)\Delta T} \\ &= \lim_{\Delta T \rightarrow 0} e^{r\Delta T} \\ &= e^{rT} \end{aligned}$$

Substitusikan dengan permisalan tersebut

$$V_0^k = \frac{1}{\rho} \left(\frac{S_0 \rho - S_T^{k,d}}{S_T^{k,u} - S_T^{k,d}} V_T^{k,u} + \frac{S_T^{k,u} - S_0 \rho}{S_T^{k,u} - S_T^{k,d}} V_T^{k,d} \right)$$

$$V_0^k = \frac{1}{\rho} \left(\frac{S_0 \rho - S_0 d^k}{S_0 u^k - S_0 d^k} V_T^{k,u} + \frac{S_0 u^k - S_0 \rho}{S_0 u^k - S_0 d^k} V_T^{k,d} \right)$$

$$V_0^k = \frac{1}{\rho} \left(\frac{S_0(\rho - d^k)}{S_0(u^k - d^k)} V_T^{k,u} + \frac{S_0(u^k - \rho)}{S_0(u^k - d^k)} V_T^{k,d} \right)$$

Sehingga jelas bahwa harga *option* saat waktu 0 untuk *state* k adalah

$$V_0^k = \frac{1}{\rho} \left(\frac{\rho - d^k}{u^k - d^k} V_T^{k,u} + \frac{u^k - \rho}{u^k - d^k} V_T^{k,d} \right), k = 1, 2 \quad (4.13)$$

Peluang untuk bergerak meningkat dan bergerak menurun untuk *state* k dengan $k = 1, 2$ didefinisikan $q^{k,u}$ dan $q^{k,d}$ berturut-turut adalah

$$q^{k,u} = \frac{\rho - d^k}{u^k - d^k}, \quad q^{k,d} = \frac{u^k - \rho}{u^k - d^k}$$

Sehingga didapatkan harga *American call option* tanpa deviden dalam *regime-switching* satu periode adalah:

Pertama, jika $\alpha_0 = 1$ pada saat waktu 0, maka pada saat $T = \Delta T$ dapat terjadi perubahan *state* yang diambil satu dari dua nilai, yaitu α^1 jika *state* tetap dengan peluang p_{11} dan α^2 jika *state* berpindah dengan peluang p_{12} .

$$V_0 = p_{11}V_0^1 + p_{12}V_0^2$$

Dari persamaan diatas dapat disubstitusikan dengan Persamaan 4.13 didapatkan

$$\begin{aligned} V_0 &= p_{11} \frac{1}{\rho} \left(\frac{\rho - d^1}{u^1 - d^1} V_T^{1,u} + \frac{u^1 - \rho}{u^1 - d^1} V_T^{1,d} \right) \\ &\quad + p_{12} \frac{1}{\rho} \left(\frac{\rho - d^2}{u^2 - d^2} V_T^{2,u} + \frac{u^2 - \rho}{u^2 - d^2} V_T^{2,d} \right) \\ &= p_{11} \frac{1}{\rho} \left(q^{1,u} V_T^{1,u} + q^{1,d} V_T^{1,d} \right) + p_{12} \frac{1}{\rho} \left(q^{2,u} V_T^{2,u} + q^{2,d} V_T^{2,d} \right) \\ &= \frac{1}{\rho} \left(p_{11} q^{1,u} V_T^{1,u} + p_{11} q^{1,d} V_T^{1,d} \right) \\ &\quad + \frac{1}{\rho} \left(p_{12} q^{2,u} V_T^{2,u} + p_{12} q^{2,d} V_T^{2,d} \right) \end{aligned}$$

Maka akan didapat penyelesaian

$$V_0 = \frac{1}{\rho} \left(p_{11} q^{1,u} V_T^{1,u} + p_{11} q^{1,d} V_T^{1,d} + p_{12} q^{2,u} V_T^{2,u} + p_{12} q^{2,d} V_T^{2,d} \right) \quad (4.14)$$

Kedua, jika $\alpha_0 = 2$ pada saat waktu 0, maka pada saat $T = \Delta T$ dapat terjadi perubahan *state* yang diambil satu dari dua nilai, yaitu α^1 jika *state* berpindah dengan peluang p_{21} dan α^2 jika *state* tetap dengan peluang p_{22} .

$$V_0 = p_{21}V_0^1 + p_{22}V_0^2$$

Dari persamaan diatas dapat disubstitusikan dengan Persamaan 4.13 didapatkan

$$\begin{aligned} V_0 &= p_{21} \frac{1}{\rho} \left(\frac{\rho - d^1}{u^1 - d^1} V_T^{1,u} + \frac{u^1 - \rho}{u^1 - d^1} V_T^{1,d} \right) \\ &\quad + p_{22} \frac{1}{\rho} \left(\frac{\rho - d^2}{u^2 - d^2} V_T^{2,u} + \frac{u^2 - \rho}{u^2 - d^2} V_T^{2,d} \right) \\ &= p_{21} \frac{1}{\rho} \left(q^{1,u} V_T^{1,u} + q^{1,d} V_T^{1,d} \right) + p_{22} \frac{1}{\rho} \left(q^{2,u} V_T^{2,u} + q^{2,d} V_T^{2,d} \right) \\ &= \frac{1}{\rho} \left(p_{21} q^{1,u} V_T^{1,u} + p_{21} q^{1,d} V_T^{1,d} \right) \\ &\quad + \frac{1}{\rho} \left(p_{22} q^{2,u} V_T^{2,u} + p_{22} q^{2,d} V_T^{2,d} \right) \end{aligned}$$

Maka akan didapat penyelesaian

$$V_0 = \frac{1}{\rho} \left(p_{21} q^{1,u} V_T^{1,u} + p_{21} q^{1,d} V_T^{1,d} + p_{22} q^{2,u} V_T^{2,u} + p_{22} q^{2,d} V_T^{2,d} \right) \quad (4.15)$$

4.3 Pembentukan model binomial untuk *American call option* tanpa deviden dalam *regime-switching* multi periode

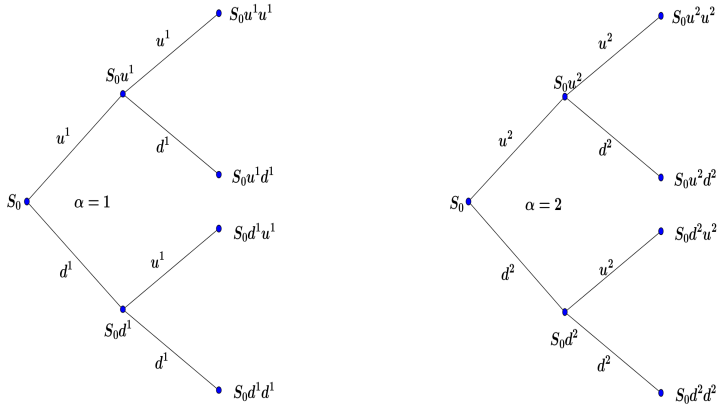
Pada tahap ini akan dibahas pembentukan model binomial untuk menghitung nilai *American call option* dalam *regime switching* untuk multi periode. Dari model binomial dalam *regime-switching* satu periode dapat diperpanjang menjadi

model multi periode secara langsung.

Misalkan kita membagi $[0, T]$ kedalam $[t_i, t_{i+1}]$, $i = 0, 1, 2, \dots, N - 1$, dengan $t_i = i\Delta t$ dan $\Delta t = \frac{T}{N}$.

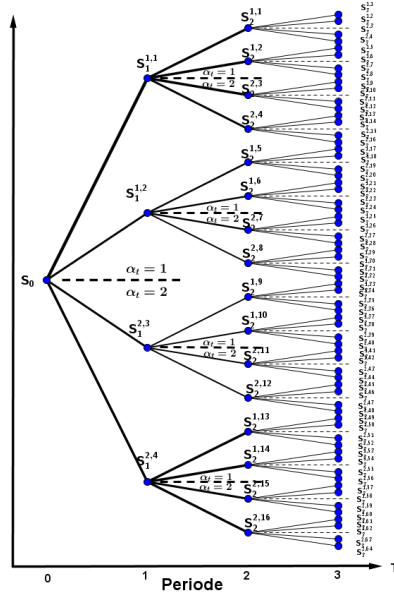
Akan dikonstruksi pohon binomial dari harga saham. Untuk setiap titik, dimisalkan α^θ adalah kondisi pasar (market state). Maka harga saham pada waktu n adalah $S_n^{\alpha^\theta, \theta}$ dengan $1 \leq \theta \leq 4^n, 0 \leq n \leq N - 1, \alpha^\theta = 1, 2$. Artinya dapat diambil satu dari empat nilai pada t_{n+1} , yaitu:

$$\begin{aligned} \text{jika } \alpha^\theta = 1 \text{ maka didapat } S_{n+1}^{1, 4\theta-3} &= S_n^\theta u^1 ; S_{n+1}^{1, 4\theta-2} = S_n^\theta d^1 \\ \text{jika } \alpha^\theta = 2 \text{ maka didapat } S_{n+1}^{2, 4\theta-1} &= S_n^\theta u^2 ; S_{n+1}^{2, 4\theta} = S_n^\theta d^2 \end{aligned}$$



Gambar 4.5: Pohon binomial untuk state 1 dan state 2

Sehingga dapat dinyatakan model pohon binomial untuk pergerakan harga saham dalam *regime switching* dua *state* untuk multi periode.



Gambar 4.6: Model pohon binomial untuk pergerakan saham multi periode dalam *regime switching*

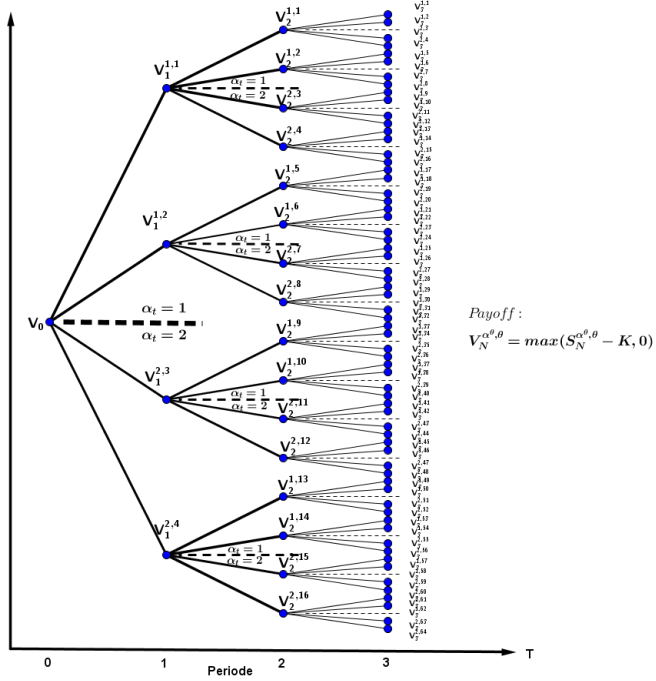
Nilai *payoff* pada waktu n adalah $V_n^{\alpha^\theta, \theta}$. Selanjutnya akan dikonstruksi secara mundur pohon binomial dari harga *option*. Dimulai dengan *payoff* pada titik akhir dan menyelesaikan setiap satu periode mundur hingga titik awal. Pada setiap titik akhir dari pohon tersebut adalah

$$V_N^{\alpha^\theta, \theta} = \left(S_N^{\alpha^\theta, \theta} - K \right) \text{ dengan } 1 \leq \theta \leq 4^N, \alpha^\theta = 1, 2$$

Nilai *payoff* pada setiap titiknya memenuhi

$$V_n^{\alpha^\theta, \theta} \geq \max \left(S_N^{\alpha^\theta, \theta} - K, 0 \right)$$

$$\text{dengan } 1 \leq \theta \leq 4^n, 0 \leq n \leq N, \alpha^\theta = 1, 2$$



Gambar 4.7: Model pohon binomial untuk pergerakan *payoff* American call option multi periode dalam *regime switching*

Diberikan $V_{n+1}^{\alpha^i, i}$ dengan $1 \leq i \leq 4^{n+1}$, $0 \leq n \leq N-1$, $\alpha^i = 1, 2$. Untuk setiap θ sedemikian hingga $1 \leq \theta \leq 4^n$ memenuhi rumus rekursi:

Pertama, jika $\alpha^\theta = 1$, dari Persamaan 4.14 didapat

$$V_n^{1, \theta} = \max \left\{ \frac{1}{\rho} \left(p_{11} q^{1,u} V_{n+1}^{1, 4\theta-3} + p_{11} q^{1,d} V_{n+1}^{1, 4\theta-2} + p_{12} q^{2,u} V_{n+1}^{2, 4\theta-1} + p_{12} q^{2,d} V_{n+1}^{2, 4\theta} \right), \max \left(S_n^{1, \theta} - K, 0 \right) \right\} \quad (4.16)$$

Kedua, jika $\alpha^\theta = 2$, dari Persamaan 4.15 didapat

$$V_n^{2,\theta} = \max \left\{ \frac{1}{\rho} \left(p_{21} q^{1,u} V_{n+1}^{1,4\theta-3} + p_{21} q^{1,d} V_{n+1}^{1,4\theta-2} \right. \right. \\ \left. \left. + p_{22} q^{2,u} V_{n+1}^{2,4\theta-1} + p_{22} q^{2,d} V_{n+1}^{2,4\theta} \right), \max \left(S_n^{2,\theta} - K, 0 \right) \right\} \quad (4.17)$$

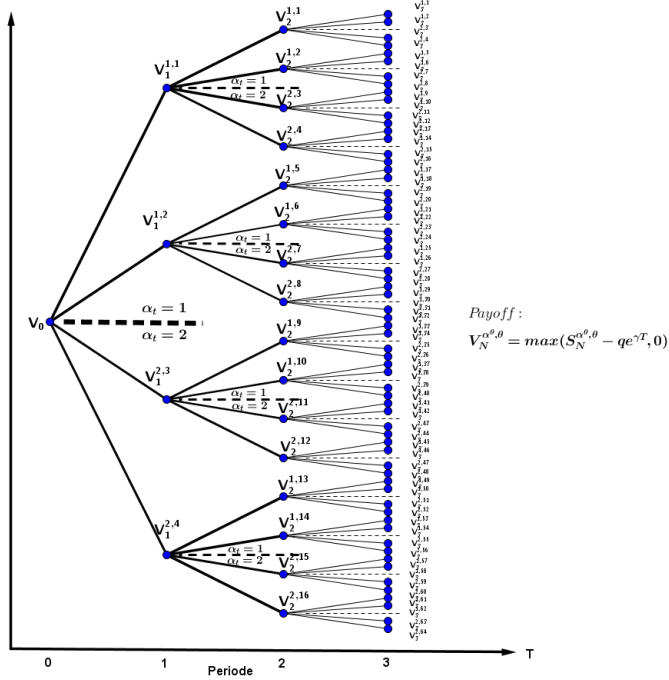
4.4 Pembentukan model *Stock Loan*

Stock loan adalah saham yang dijadikan jaminan atas pinjaman yang dilakukan. Seorang peminjam dapat melunasi pinjaman dan mendapatkan kembali saham miliknya setiap saat selama masa berlaku kontrak. Dalam tugas akhir ini dibahas *stock loan* dengan pembagian dividen, jika dividen dikumpulkan dahulu oleh *lender* dan memberikannya kepada *borrower* ketika *borrower* melunasi pinjamannya saat t maka nilai *stock loan* adalah perbedaan harga saham S saat itu dan akumulasi jumlah pinjaman tumbuh *continuous compounded interest rate* dengan bunganya $qe^{\gamma t}$ yaitu $V = \max(S - qe^{\gamma t}, 0)$. Kondisi ini menyerupai nilai *American call option* yang bergantung pada waktu dan harga saham. Selain itu kesamaan terdapat pada kondisi dimana *borrower* bisa saja tidak melunasi hutangnya dan melepaskan saham miliknya ketika harga saham semakin lama semakin menurun, sama halnya dengan *holder* yang tidak meng-exercise *option* sampai batas waktu yang telah ditentukan.

4.5 Pembentukan model binomial untuk *Stock loan* tanpa deviden dalam *regime-switching* multi periode

Setelah didapat pembentukan model binomial untuk *American call option* tanpa deviden dalam *regime switching* multi periode, selanjutnya dapat dikonstruksi dengan model *stock loan* dimana nilai *stock loan* adalah perbedaan harga

saham S saat itu dan akumulasi jumlah pinjaman dengan bunganya $qe^{\gamma t}$ yaitu $V(S, t) = \max(S - qe^{\gamma t}, 0)$. Misalkan kita membagi $[0, T]$ kedalam $[t_n, t_{n+1}]$, $n = 0, 1, 2, \dots, N - 1$, dengan $t_n = n\Delta t$ dan $\Delta t = \frac{T}{N}$. Sehingga didapatkan $V_n^{\alpha^\theta, \theta} = \max(S_n^{\alpha^\theta, \theta} - qe^{\gamma n\Delta t}, 0)$ dengan $1 \leq \theta \leq 4^n, \alpha^\theta = 1, 2$



Gambar 4.8: Model Pohon binomial untuk pergerakan *payoff* *stock loan* multi periode dalam *regime switching*

Pertama, jika $\alpha^\theta = 1$, dari Persamaan 4.16 didapat

$$V_n^{1,\theta} = \max \left\{ \frac{1}{\rho} \left(p_{11} q^{1,u} V_{n+1}^{1,4\theta-3} + p_{11} q^{1,d} V_{n+1}^{1,4\theta-2} \right. \right. \\ \left. \left. + p_{12} q^{2,u} V_{n+1}^{2,4\theta-1} + p_{12} q^{2,d} V_{n+1}^{2,4\theta} \right), \max \left(S_n^{1,\theta} - qe^{\gamma n \Delta t}, 0 \right) \right\} \quad (4.18)$$

Kedua, jika $\alpha^\theta = 2$, dari Persamaan 4.17 didapat

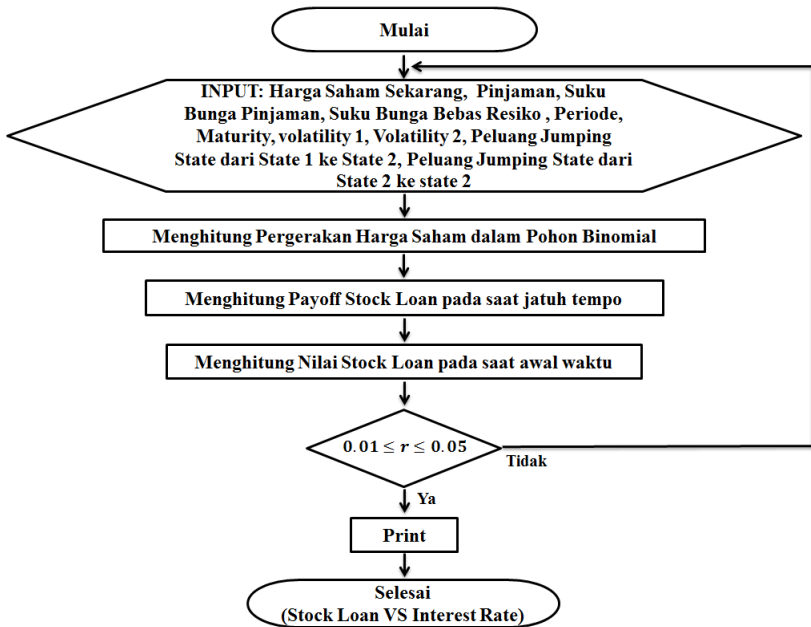
$$V_n^{2,\theta} = \max \left\{ \frac{1}{\rho} \left(p_{21} q^{1,u} V_{n+1}^{1,4\theta-3} + p_{21} q^{1,d} V_{n+1}^{1,4\theta-2} \right. \right. \\ \left. \left. + p_{22} q^{2,u} V_{n+1}^{2,4\theta-1} + p_{22} q^{2,d} V_{n+1}^{2,4\theta} \right), \max \left(S_n^{2,\theta} - qe^{\gamma n \Delta t}, 0 \right) \right\} \quad (4.19)$$

4.6 Analisis Hasil Simulasi

Pada tahap ini, dijabarkan simulasi dari persamaan model pohon binomial untuk menentukan nilai *stock loan* dalam *regime-switching*, yaitu laju perubahan nilai *stock loan* terhadap *interest rate*, *stock price*, *volatility*, waktu jatuh tempo (*maturity*), dan suku bunga pinjaman (*gamma*).

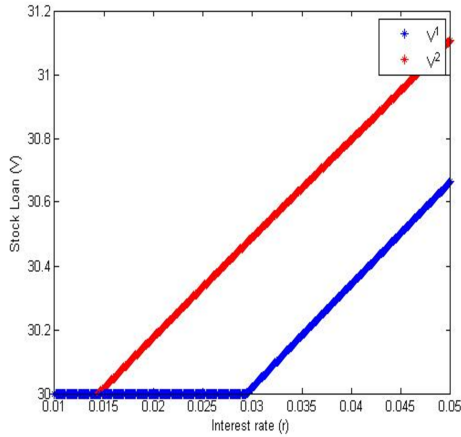
4.6.1 Laju perubahan nilai *stock loan* terhadap *interest rate*

Nilai parameter yang digunakan $S_0 = 100, q = 70, \gamma = 0.07, \sigma_1 = 0.4, \sigma_2 = 0.2, N = 3, T = 1, P = \begin{bmatrix} 0.6 & 0.4 \\ 0.3 & 0.7 \end{bmatrix}$, dan laju perubahan r dari 0.01 sampai 0.05. Dari hasil simulasi yang ditunjukkan pada gambar 4.10 terlihat bahwa nilai *stock loan* (V^1, V^2) mengalami peningkatan ketika *interest rate* meningkat.



Gambar 4.9: Flowchart program laju perubahan nilai *stock loan* terhadap *interest rate*

Pertama adalah memasukkan data sesuai parameter tersebut. Kedua menghitung pergerakan harga saham dalam pohon binomial. Selanjutnya menghitung payoff *stock loan* pada jatuh tempo. Selanjutnya menghitung nilai *stock loan* pada saat awal waktu sesuai dengan persamaan 4.18 dan 4.19. Laju perubahan r dari 0.01 sampai 0.05 dilakukan proses print dan didapat grafik laju perubahan *stock loan* terhadap *interest rate*.

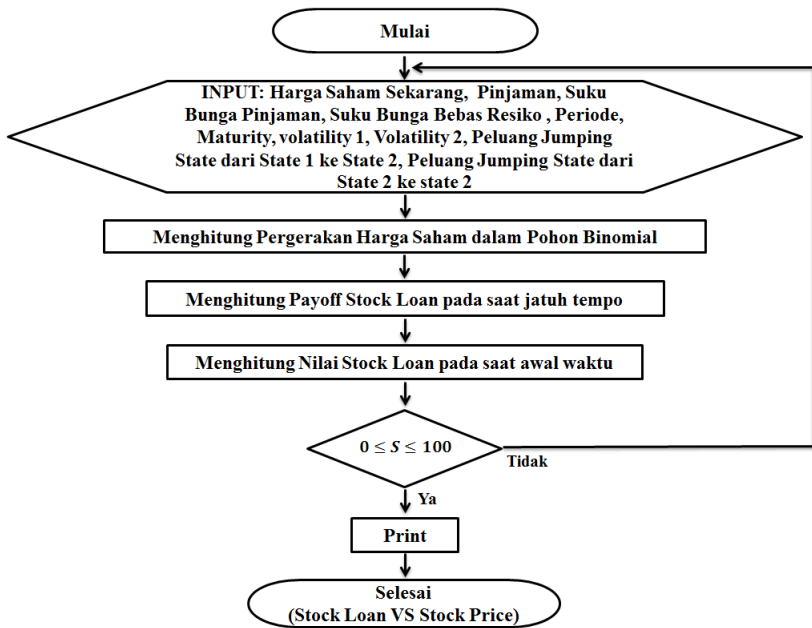


Gambar 4.10: *Stock Loan vs Interest rate*

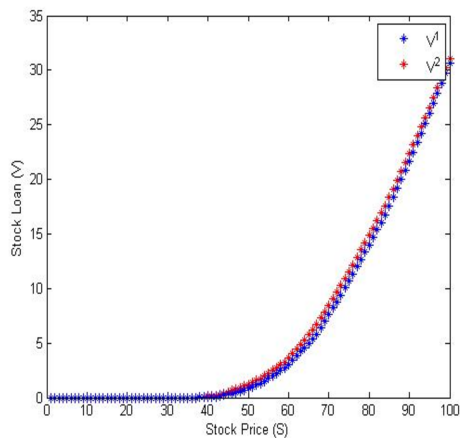
4.6.2 Laju perubahan nilai *stock loan* terhadap *stock price*

Nilai parameter yang digunakan $q = 70, r = 0.05, \gamma = 0.07, \sigma_1 = 0.4, \sigma_2 = 0.2, N = 3, T = 1, P = \begin{bmatrix} 0.6 & 0.4 \\ 0.3 & 0.7 \end{bmatrix}$, dan laju perubahan S dari 1 sampai 100. Dari hasil simulasi yang ditunjukkan pada gambar 4.12 terlihat bahwa nilai *stock loan* (V^1, V^2) mengalami peningkatan ketika *stock price* meningkat.

Pertama adalah memasukkan data sesuai parameter tersebut. Kedua menghitung pergerakan harga saham dalam pohon binomial. Selanjutnya menghitung payoff *stock loan* pada jatuh tempo. Selanjutnya menghitung nilai *stock loan* pada saat awal waktu sesuai dengan persamaan 4.18 dan 4.19. Laju perubahan S dari 1 sampai 100 dilakukan proses print dan didapat grafik laju perubahan *stock loan* terhadap *stock*.



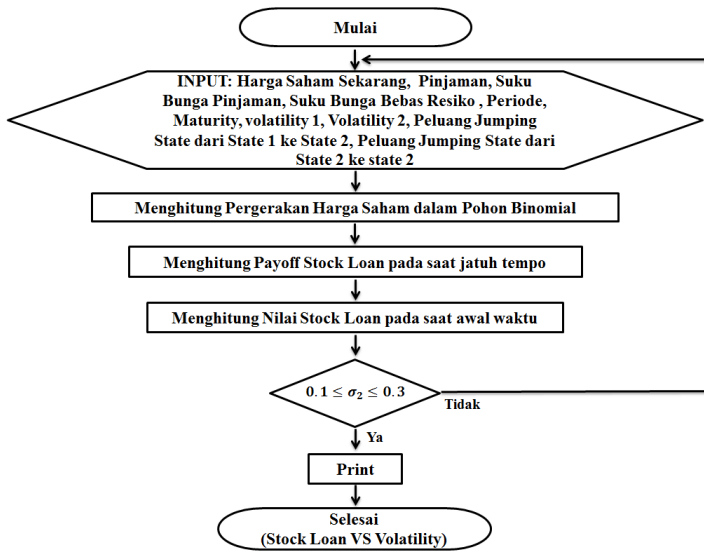
Gambar 4.11: Flowchart program laju perubahan nilai *stock loan* terhadap *stock price*



Gambar 4.12: *Stock Loan vs Stock Price*

4.6.3 Laju perubahan nilai *stock loan* terhadap *volatility*

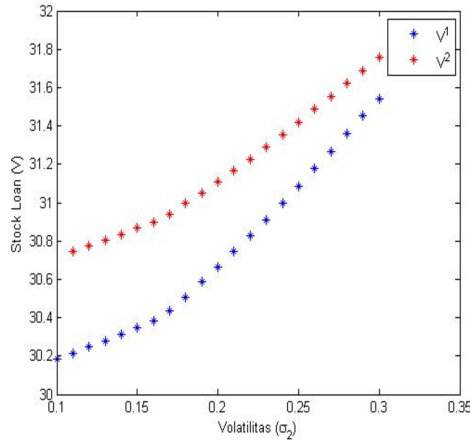
Nilai parameter yang digunakan $S_0 = 100, q = 70, r = 0.05, \gamma = 0.07, \sigma_1 = 0.4, N = 3, T = 1, P = \begin{bmatrix} 0.6 & 0.4 \\ 0.3 & 0.7 \end{bmatrix}$, dan laju perubahan σ_2 dari 0.01 sampai 0.03. Dari hasil simulasi yang ditunjukkan pada gambar 4.14 terlihat bahwa nilai *stock loan* (V^1, V^2) mengalami peningkatan ketika *volatility* meningkat.



Gambar 4.13: Flowchart program laju perubahan nilai *stock loan* terhadap *volatility*

Pertama adalah memasukkan data sesuai parameter tersebut. Kedua menghitung pergerakan harga saham dalam pohon binomial. Selanjutnya menghitung payoff *stock loan* pada jatuh tempo. Selanjutnya menghitung nilai *stock loan* pada saat awal waktu sesuai dengan persamaan 4.18 dan 4.19.

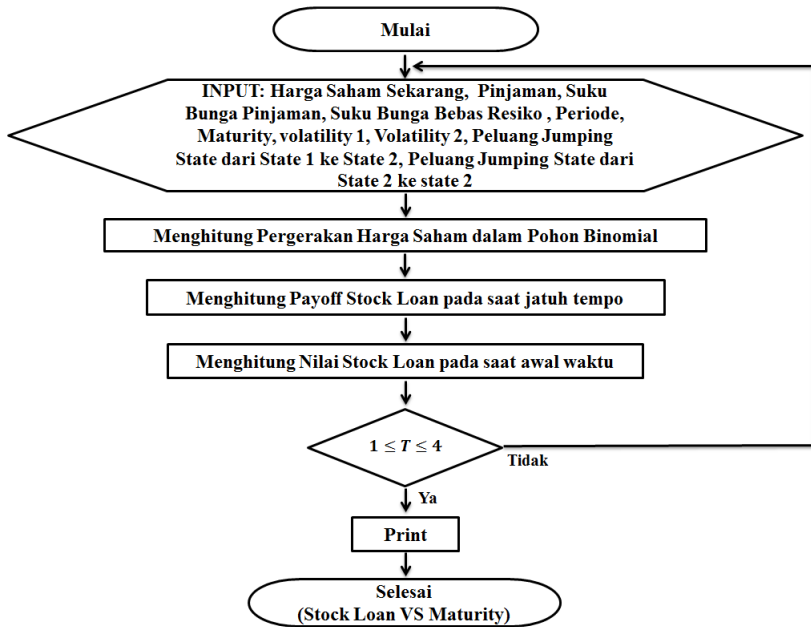
Laju perubahan σ_2 dari 0.01 sampai 0.03 dilakukan proses print dan didapat grafik laju perubahan *stock loan* terhadap *volatility*.



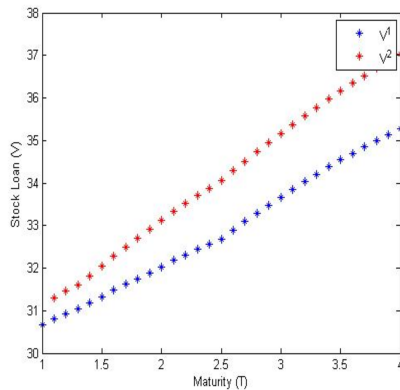
Gambar 4.14: *Stock Loan* vs *Volatility*

4.6.4 Laju perubahan nilai *stock loan* terhadap waktu jatuh tempo (*maturity*)

Nilai parameter yang digunakan $S_0 = 100, q = 70, r = 0.05, \gamma = 0.07, \sigma_1 = 0.4, \sigma_2 = 0.2, N = 3, P = \begin{bmatrix} 0.6 & 0.4 \\ 0.3 & 0.7 \end{bmatrix}$, dan laju perubahan T dari 1 sampai 4. Dari hasil simulasi yang ditunjukkan pada gambar 4.11 terlihat bahwa nilai *stock loan* (V^1, V^2) mengalami peningkatan ketika *maturity* meningkat. Pertama adalah memasukkan data sesuai parameter tersebut. Kedua menghitung pergerakan harga saham dalam pohon binomial. Selanjutnya menghitung payoff *stock loan* pada jatuh tempo. Selanjutnya menghitung nilai *stock loan* pada saat awal waktu sesuai dengan persamaan 4.18 dan 4.19. Laju perubahan T dari 1 sampai 4 dilakukan proses print dan didapat grafik laju perubahan *stock loan* terhadap *maturity*.



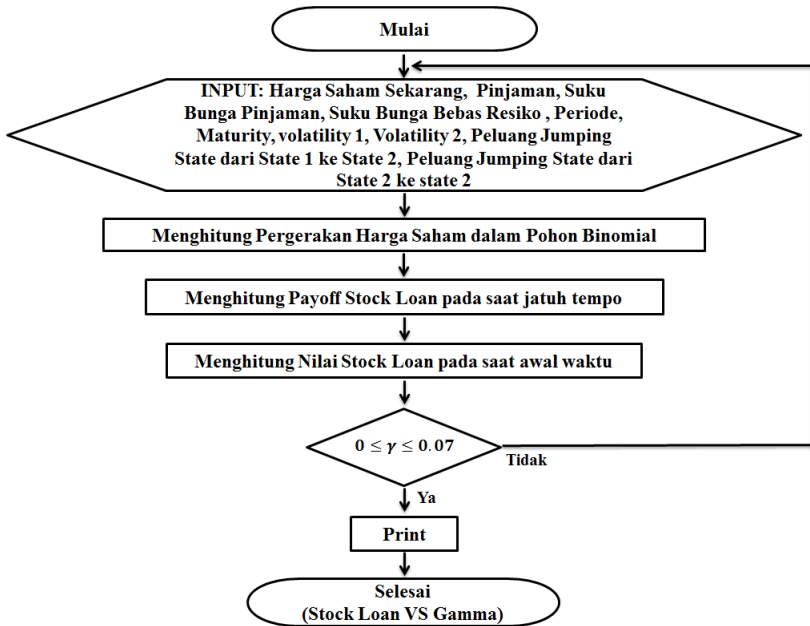
Gambar 4.15: Flowchart program laju perubahan nilai *stock loan* terhadap waktu jatuh tempo (*maturity*)



Gambar 4.16: *Stock Loan* vs Suku bunga Pinjaman (*Maturity*)

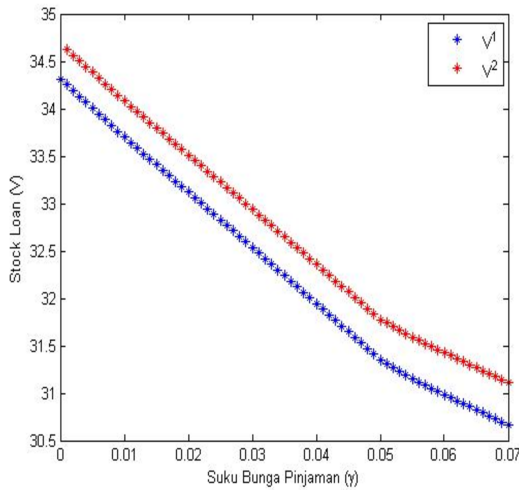
4.6.5 Laju perubahan nilai *stock loan* terhadap suku bunga pinjaman (*gamma*)

Nilai parameter yang digunakan $S_0 = 100, q = 70, r = 0.05, \sigma_1 = 0.4, \sigma_2 = 0.2, N = 3, T = 1, P = \begin{bmatrix} 0.6 & 0.4 \\ 0.3 & 0.7 \end{bmatrix}$, dan laju perubahan γ dari 0 sampai 0.07. Dari hasil simulasi yang ditunjukkan pada gambar 4.12 terlihat bahwa nilai *stock loan* (V^1, V^2) mengalami penurunan ketika suku bunga pinjaman (*gamma*) meningkat.



Gambar 4.17: Flowchart program laju perubahan nilai *stock loan* terhadap suku bunga pinjaman (*gamma*)

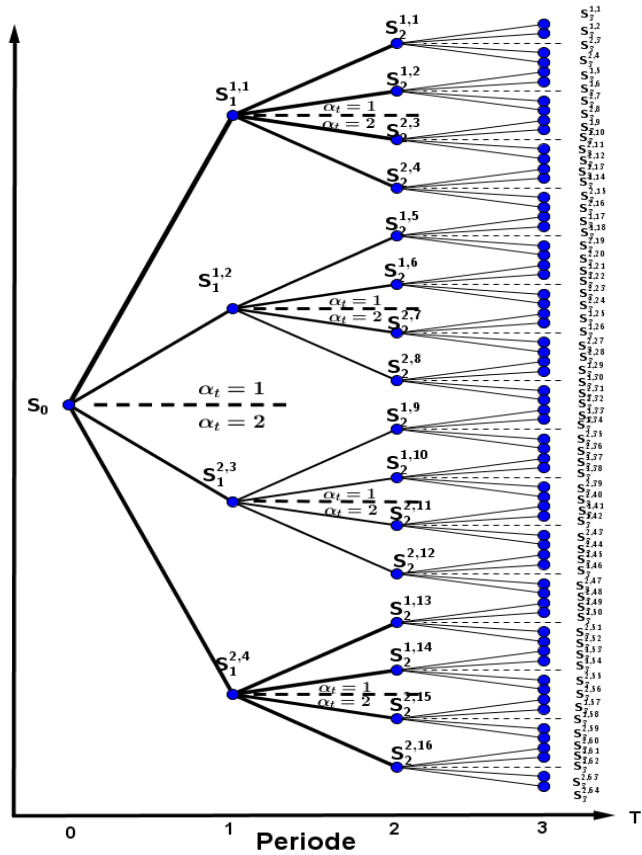
Pertama adalah memasukkan data sesuai parameter tersebut. Kedua menghitung pergerakan harga saham dalam pohon binomial. Selanjutnya menghitung payoff *stock loan* pada jatuh tempo. Selanjutnya menghitung nilai *stock loan* pada saat awal waktu sesuai dengan persamaan 4.18 dan 4.19. Laju perubahan γ dari 0 sampai 0.07 dilakukan proses print dan didapat grafik laju perubahan *stock loan* terhadap *gamma*.



Gambar 4.18: *Stock Loan* vs Suku bunga pinjaman (*gamma*)

4.7 Finding Interest

4.7.1 Model pergerakan harga saham dalam *regime-switching* berdasarkan pada partisi *state* berbentuk *Full Tree*

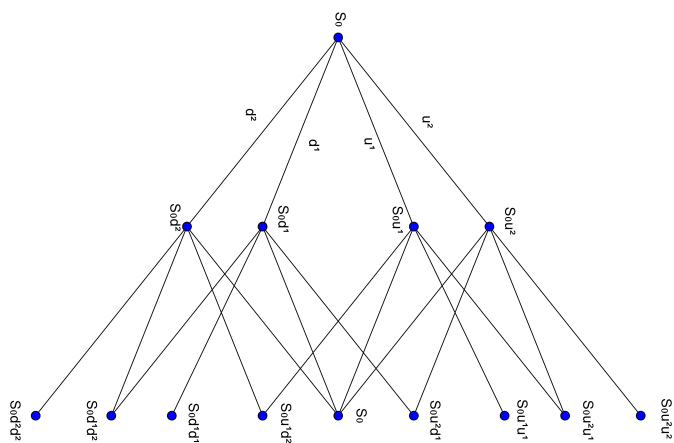


Gambar 4.19: Model pohon lengkap untuk pergerakan saham multi periode dalam *regime switching*

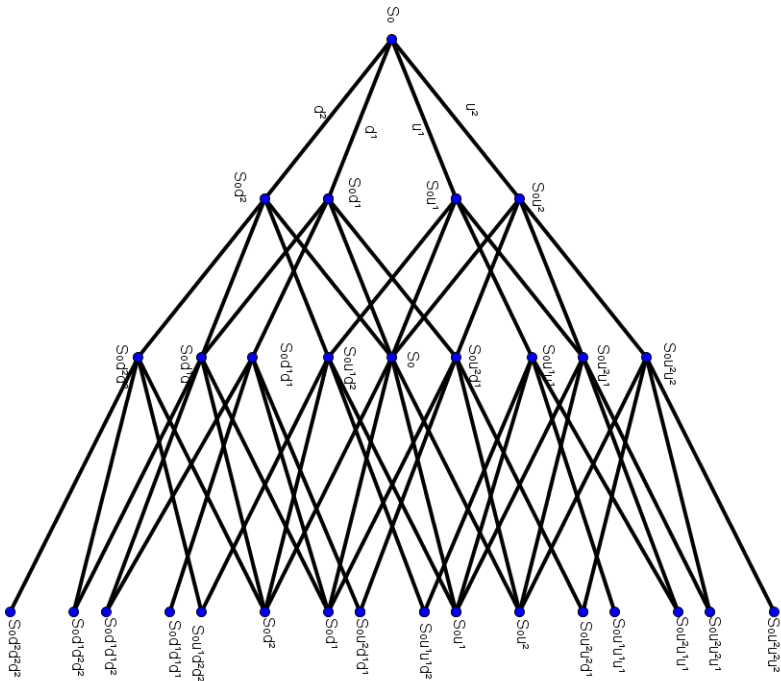
Pada model pergerakan harga saham dalam *regime-switching* diatas berdasarkan pada partisi antara state pertama dan kedua untuk setiap node sehingga membentuk seperti *Full Tree* atau pohon penuh. Pohon penuh adalah salah satu bentuk struktur data yang menggambarkan bentuk hierarki antara elemen-elemen (*root* dan *node*) dengan syarat bahwa setiap *subtree* memiliki panjang yang sama dan harus terpisah. Jumlah *node* dapat dihitung dengan menggunakan rumus $node = 4^h$ dimana h adalah tinggi dari pohon *step* atau periode.

4.7.2 Model pergerakan harga saham dalam *regime-switching* berdasarkan nilai berbentuk graf

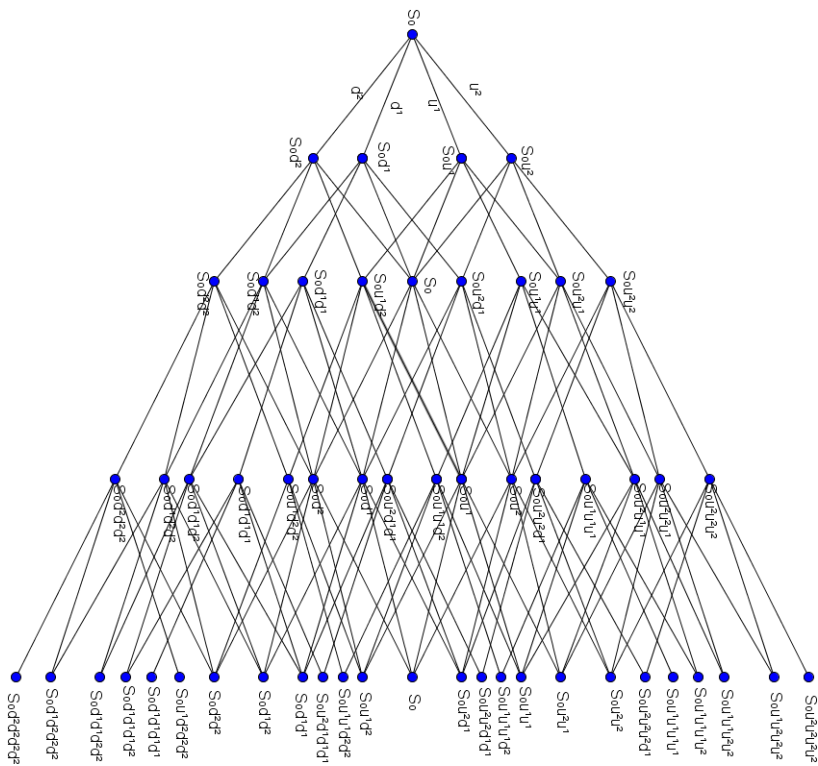
Pergerakan harga saham dalam *regime-switching* dapat dimodelkan berdasarkan nilai artinya apabila ada nilai yang sama dapat direduksi menjadi satu. Untuk setiap *vertex* yang memiliki nilai sama dapat direduksi menjadi satu *vertex*. Sehingga pohon tersebut memiliki *cycle* yang disebut graf. Graf tersebut memiliki *edge* yang sama dan setiap *vertex*-nya memiliki bobot nilai yang menunjukkan pergerakan harga saham dalam *regime-switching*. Jumlah *vertex* dapat dihitung dengan menggunakan rumus $vertex = (h + 1)^2$ dimana h adalah *step* atau periode.



Gambar 4.20: Graf pergerakan harga saham dalam *regime-switching* untuk 2 periode



Gambar 4.21: Graf pergerakan harga saham dalam *regime-switching* untuk 3 periode



Gambar 4.22: Graf pergerakan harga saham dalam *regime-switching* untuk 4 periode

Halaman ini sengaja dikosongkan.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini, diberikan kesimpulan yang diperoleh dari Tugas Akhir beserta saran untuk penelitian selanjutnya.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah disajikan pada bab sebelumnya, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Penyelesaian model binomial untuk menentukan nilai *stock loan* dalam *regime-switching* adalah
Pertama, jika $\alpha^\theta = 1$ pada waktu n , maka untuk setiap θ sedemikian hingga $1 \leq \theta \leq 4^n$ memenuhi rumus rekursi:

$$V_n^{1,\theta} = \max \left\{ \frac{1}{\rho} \left(p_{11} q^{1,u} V_{n+1}^{1,4\theta-3} + p_{11} q^{1,d} V_{n+1}^{1,4\theta-2} + p_{12} q^{2,u} V_{n+1}^{2,4\theta-1} + p_{12} q^{2,d} V_{n+1}^{2,4\theta} \right), \max \left(S_n^{1,\theta} - qe^{\gamma^n \Delta t}, 0 \right) \right\}$$

Kedua, jika $\alpha^\theta = 2$ pada waktu n , maka untuk setiap θ sedemikian hingga $1 \leq \theta \leq 4^n$ memenuhi rumus rekursi:

$$V_n^{2,\theta} = \max \left\{ \frac{1}{\rho} \left(p_{21} q^{1,u} V_{n+1}^{1,4\theta-3} + p_{21} q^{1,d} V_{n+1}^{1,4\theta-2} + p_{22} q^{2,u} V_{n+1}^{2,4\theta-1} + p_{22} q^{2,d} V_{n+1}^{2,4\theta} \right), \max \left(S_n^{2,\theta} - qe^{\gamma^n \Delta t}, 0 \right) \right\}$$

2. Berdasarkan simulasi dapat disimpulkan bahwa nilai *stock loan* terus meningkat seiring meningkatnya *interest rate*, *stock price*, *volatility*, dan waktu jatuh tempo (*maturity*). Nilai *stock loan* terus menurun seiring meningkatnya suku bunga pinjaman (*gamma*).

5.2 Saran

Adapun saran dari Tugas Akhir ini adalah untuk penelitian selanjutnya dapat ditambahkan dengan pembagian dividen yang dikumpulkan oleh lender sebelum penebusan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Lu, X. dan Putri, E.R.M. 2015. **Semi-analytic valuation of stock loan with finite maturity.** Commun Nonlinier Sci Numer Simulat.
- [2] Cox, JC., Ross, SA., dan Rubinstein, M. 1979. **Option pricing: a simplified approach.** Journal Financial Economics;7(3):22963.
- [3] Dai M, Xu ZQ. 2011. **Optimal redeeming strategy of stock loans with nite maturity.** Math Finance;21(4):77593.
- [4] Bollen, N. 1998. **Valuing option in regime switching models.** Journal of Derivatives 6, 38-49, Fall.
- [5] Yuan, Q., Bian, B., dan Yuan, G. 2008. **Binomial Tree Method for American Option in A Regime Switching Model.** IEEE.
- [6] Hull, J. C. 2002. **Option Futures and Other Derivatives. Seventh Edition.** Prentice Hall, New Jersey.
- [7] Wilmott, P. 2007. **Paul Wilmott Introduces Quantitative Finance. Second Edition.** New York: John Wiley and Sons.
- [8] Kulkarni, V.G. 1999. **Modeling, Analysis, Design, and Control of Stochastic System.** Springer.

- [9] Laily, N.N. 2016. **Metode Transformasi Fourier Untuk Menentukan Harga European Call Option dengan Regime-Switching**. Surabaya: Jurusan Matematika ITS.
- [10] Lissa, Hermei. 2016. **Perbandingan Metode Binomial dan Laplace Pada American Put Option Sebagai Investasi Polis Asuransi Jiwa Berbonus Tipe Dwiguna**. Surabaya: Jurusan Matematika ITS.

LAMPIRAN A

Listing Program Menentukan Nilai *Stock Loan* Tanpa Deviden Menggunakan Metode Binomial

```
function varargout = TAsabilazamani(varargin)
% TASABILAZAMANI M-file for TAsabilazamani.fig
% TASABILAZAMANI, by itself, creates a new
TASABILAZAMANI or raises the existing singleton*.
%
% H = TASABILAZAMANI returns the handle to a new
TASABILAZAMANI or the handle to the existing singleton*.
%
% TASABILAZAMANI ('CALLBACK', hObject, eventData,
handles,...) calls the local function named CALLBACK in
TASABILAZAMANI.M with the given input arguments.
%
% TASABILAZAMANI('Property','Value',...) creates a
new TASABILAZAMANI or raises the existing singleton*.
Starting from the left, property value pairs are applied
to the GUI before TAsabilazamani_OpeningFcn gets
called. An unrecognized property name or invalid value
makes property application stop. All inputs are passed to
TAsabilazamani_OpeningFcn via varargin.
%
% *See GUI Options on GUIDE's Tools menu. Choose "GUI
allows only one
% instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES
```

```
% Edit the above text to modify the response to help
TAsabilazamani
```

```
% Last Modified by GUIDE v2.5 01-Jan-2017 21:10:57
```

```
% Begin initialization code - DO NOT EDIT
```

```
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name', mfilename, ...
    'gui_Singleton', gui_Singleton, ...
    'gui_OpeningFcn', @TAsabilazamani_OpeningFcn, ...
    'gui_OutputFcn', @TAsabilazamani_OutputFcn, ...
    'gui_LayoutFcn', [ ] , ...
    'gui_Callback', [ ]);

    if nargin && ischar(varargin1)
        gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
    end

    if nargin
        [varargout1:nargout] = gui_mainfcn(gui_State,
varargin:);
    else
        gui_mainfcn(gui_State, varargin:);
    end
% End initialization code - DO NOT EDIT
```

```
% — Executes just before TAsabilazamani is made visible.
function TAsabilazamani_OpeningFcn(hObject, eventdata,
handles, varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject handle to figure
```

```

% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles structure with handles and user data (see
GUIDATA)
% varargin command line arguments to TAsabilazamani (see
VARARGIN)

% Choose default command line output for TAsabilazamani
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes TAsabilazamani wait for user response
(see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);
handles.gambar=imread('ITS.png');
axes(handles.axes1);
imshow(handles.gambar);

handles.gambar2=imread('matematika.png');
axes(handles.axes2);
imshow(handles.gambar2);

background = axes('unit','normalized','position',[0 0 1
1]);
cover=imread('12.jpg');imagesc(cover);
set(background,'handlevisibility','off','visible','off');
uistack(background,'bottom');

% — Outputs from this function are returned to the
command line.

```

```

function varargout = TAsabilazamani_OutputFcn(hObject,
eventdata, handles)
% varargout cell array for returning output args (see
VARARGOUT);
% hObject handle to figure
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles structure with handles and user data (see
GUIDATA)

% Get default command line output from handles structure
varargout1 = handles.output;

% — Executes on selection change in popupmenu1.
function popupmenu1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to popupmenu1 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles structure with handles and user data (see
GUIDATA)

% Hints: contents = cellstr(get(hObject,'String')) returns
popupmenu1 contents as cell array
% contentsget(hObject,'Value') returns selected item from
popupmenu1

% Determine the selected data set.
global str val
str = get(hObject, 'String');
val = get(hObject,'Value');
% Set current data to the selected data set.
switch strval;

```



```

case 'Interest Rate'
set(handles.edit17,'enable','off');
set(handles.edit18,'enable','on');
set(handles.edit13,'enable','on');
set(handles.edit15,'enable','on');
set(handles.edit16,'enable','on');
case 'Stock Price'
set(handles.edit17,'enable','on');
set(handles.edit18,'enable','off');
set(handles.edit13,'enable','on');
set(handles.edit15,'enable','on');
set(handles.edit16,'enable','on');
case 'Volatility'
set(handles.edit17,'enable','on');
set(handles.edit18,'enable','on');
set(handles.edit13,'enable','off');
set(handles.edit15,'enable','on');
set(handles.edit16,'enable','on');
case 'Waktu Jatuh Tempo (Maturity)'
set(handles.edit17,'enable','on');
set(handles.edit18,'enable','on');
set(handles.edit13,'enable','on');
set(handles.edit15,'enable','off');
set(handles.edit16,'enable','on');
case 'Suku Bunga Pinjaman (gamma)'
set(handles.edit17,'enable','on');
set(handles.edit18,'enable','on');
set(handles.edit13,'enable','on');
set(handles.edit15,'enable','on');
set(handles.edit16,'enable','off');
end
% Save the handles structure.
guidata(hObject,handles)

```

```

% — Executes during object creation, after setting all
properties.      function popupmenu1_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject handle to popupmenu1 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: popupmenu controls usually have a white background
on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit10_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to edit10 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles structure with handles and user data (see
GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit10 as
text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of
edit10 as a double

```

% — Executes during object creation, after setting all properties. function edit10_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

% hObject handle to edit10 (see GCBO)

% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB

% handles empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.

% See ISPC and COMPUTER.

if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),

get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');

end

function edit11_Callback(hObject, eventdata, handles)

% hObject handle to edit11 (see GCBO)

% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB

% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit11 as text

% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit11 as a double

% — Executes during object creation, after setting all properties.

function edit11_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

```
% hObject handle to edit11 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles empty - handles not created until after all
CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white background
on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
% — Executes on button press in hitung.
function hitung_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to hitung (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles structure with handles and user data (see
GUIDATA)
global So q r gamma step T vol1 vol2 p11 p22 str val
```

```
choice = questdlg('APAKAH ANDA YAKIN
HITUNG','','YA','TIDAK','');
% Handle response
switch choice
case 'YA'
```

```
sabilazamani=get(handles.popupmenu1, 'value');
```

```
if sabilazamani ==2
```

```

R=0.05;
So = str2num(get(handles.edit18,'string')); %Harga Saham
Sekarang
q = str2num(get(handles.edit19,'string')); %Besar Pinjaman
(Loan)
gamma = str2num(get(handles.edit16,'string')); %Suku
Bunga Pinjaman
step = str2num(get(handles.edit14,'string'));%Banyaknya
Periode (N)
T = str2num(get(handles.edit15,'string'));%Waktu Jatuh
Tempo
Vol1 = str2num(get(handles.edit12,'string')); %Volatilitas
pada state 1
Vol2 = str2num(get(handles.edit13,'string')); %Volatilitas
pada state 2
p11 = str2num(get(handles.edit10,'string'));%Peluang
jumping state dari state 1 ke state 1
p12=1-p11; %Peluang jumping state dari state 1 ke state 2
p22 = str2num(get(handles.edit11,'string'));%Peluang
jumping state dari state 2 ke state 2
p21=1-p22; %Peluang jumping state dari state 2 ke state 1
delta_t = T/step; %Membagi interval [0,T] menjadi
subinterval delta_t dengan panjang yang sama

%matrix transisi markov chain (regime switching 2 state)
P=zeros(2,2);
P(1,1)=p11; %Peluang jumping state dari state 1 ke state 1
P(1,2)=p12; %Peluang jumping state dari state 1 ke state 2
P(2,1)=p21; %Peluang jumping state dari state 2 ke state 1
P(2,2)=p22; %Peluang jumping state dari state 2 ke state 2
P;

%rasio

```

```

u1 = exp(Vol1*sqrt(delta_t)); %Proporsi saham yang akan
naik pada state 1
d1 = 1/u1; %Proporsi saham yang akan turun pada state 1
u2 = exp(Vol2*sqrt(delta_t)); %Proporsi saham yang akan
naik pada state 2
d2 = 1/u2; %Proporsi saham yang akan turun pada state 2

z=0;
for r=0.01:0.0001:R
z=z+1;
rho = exp(-r*delta_t); %Faktor diskon yang akan digunakan
pada metode backward

%peluang
q_u1 = (exp(r*delta_t)-d1)/(u1-d1) ;%Peluang risiko netral
pada saat saham akan naik pada state 1
q_d1 = (u1-exp(r*delta_t))/(u1-d1); %Peluang risiko netral
pada saat saham akan turun pada state 1
q_u2 = (exp(r*delta_t)-d2)/(u2-d2) ;%Peluang risiko netral
pada saat saham akan naik pada state 2
q_d2 = (u2-exp(r*delta_t))/(u2-d2) ;%Peluang risiko netral
pada saat saham akan turun pada state 2

%Membuat pohon binomial saham pada setiap periode
% S=zeros(4*step,step+1);
S(1,1)=So; %Harga Saham Sekarang

for j=2:step+1
for i=1:4*(step-1)

S(4*i-3,j)=S(i,j-1)*u1;
S(4*i-2,j)=S(i,j-1)*d1;
S(4*i-1,j)=S(i,j-1)*u2;

```

```

S(4*i,j)=S(i,j-1)*d2;
end
end

S;

%payoff setiap step
for j=step:-1:1
for i=1:4(j-1)
G(i,j)=max(S(i,j)-q*exp(gamma*delta_t*(j-1)),0);
end
end
G;

%Menghitung payoff opsi pada saat jatuh tempo
for i=1:4*step
V(i,step+1) = max(S(i,step+1)-
q*exp(gamma*delta_t*step),0);
end;
V;

%Menghitung Nilai American Call Option without deviden
in
%regime-switching with backward metode to determain
option price at time = 0
for j=step:-1:2 for i=1:4(j-1)

if mod(i,4)==1 || mod(i,4)==2
V(i,j)=max(rho*(P(1,1)*q_u1*V(4*i-
3,j+1)+P(1,1)*q_d1*V(4*i-2,j+1)+P(1,2)*q_u2*V(4*i-
1,j+1)+P(1,2)*q_d2*V(4*i,j+1)),max(S(i,j)-
q*exp(gamma*delta_t*(j-1)),0));
else

```

```

V(i,j)=max(rho*(P(2,1)*q_u1*V(4*i-
3,j+1)+P(2,1)*q_d1*V(4*i-2,j+1)+P(2,2)*q_u2*V(4*i-
1,j+1)+P(2,2)*q_d2*V(4*i,j+1)),max(S(i,j)-
q*exp(gamma*delta_t*(j-1)),0));
end
end
end
V;

%state1
V1(z)=max(rho*(P(1,1)*q_u1*V(1,2)+P(1,1)*q_d1*V(2,2)
+P(1,2)*q_u2*V(3,2)+P(1,2)*q_d2*V(4,2)),max(S(1,1)-
q*exp(gamma*delta_t*(0)),0));
%state2
V2(z)=max(rho*(P(2,1)*q_u1*V(1,2)+P(2,1)*q_d1*V(2,2)
+P(2,2)*q_u2*V(3,2)+P(2,2)*q_d2*V(4,2)),max(S(1,1)-
q*exp(gamma*delta_t*(0)),0));

axes(handles.axes3);
xlabel('Interest rate (r)');
ylabel('Stock Loan (V)');
x = 0.01:0.0001:R;
hold on

end;

elseif sabilazamani==3
%INPUT DATA
S0 =100;
q = str2num(get(handles.edit19,'string')); %Besar Pinjaman
(Loan)

```



```

gamma = str2num(get(handles.edit16,'string')); %Suku
Bunga Pinjaman
r = str2num(get(handles.edit17,'string')); %Suku Bunga
Bebas Resiko
step = str2num(get(handles.edit14,'string'));
T = str2num(get(handles.edit15,'string'));%Waktu Jatuh
Tempo
Vol1 = str2num(get(handles.edit12,'string')); %Volatilitas
pada state 1
Vol2 = str2num(get(handles.edit13,'string')); %Volatilitas
pada state 2
p11 = str2num(get(handles.edit10,'string'));%Peluang
jumping state dari state 1 ke state 1
p12=1-p11; %Peluang jumping state dari state 1 ke state 2
p22 = str2num(get(handles.edit11,'string'));%Peluang
jumping state dari state 2 ke state 2
p21=1-p22; %Peluang jumping state dari state 2 ke state 1
delta_t = T/step; %Membagi interval [0,T] menjadi
subinterval delta_t dengan panjang yang sama
rho = exp(-r*delta_t); %Faktor diskon yang akan digunakan
pada metode backward

%matrix transisi markov chain (regime switching 2 state)
P=zeros(2,2);
P(1,1)=p11; %Peluang jumping state dari state 1 ke state 1
P(1,2)=p12; %Peluang jumping state dari state 1 ke state 2
P(2,1)=p21; %Peluang jumping state dari state 2 ke state 1
P(2,2)=p22; %Peluang jumping state dari state 2 ke state 2
P;

%rasio
u1 = exp(Vol1*sqrt(delta_t)); %Proporsi saham yang akan
naik pada state 1

```

```

d1 = 1/u1; %Proporsi saham yang akan turun pada state 1
u2 = exp(Vol2*sqrt(delta_t)); %Proporsi saham yang akan
naik pada state 2
d2 = 1/u2; %Proporsi saham yang akan turun pada state 2

%peluang
q_u1 = (exp(r*delta_t)-d1)/(u1-d1) ;%Peluang risiko netral
pada saat saham akan naik pada state 1
q_d1 = (u1-exp(r*delta_t))/(u1-d1); %Peluang risiko netral
pada saat saham akan turun pada state 1
q_u2 = (exp(r*delta_t)-d2)/(u2-d2) ;%Peluang risiko netral
pada saat saham akan naik pada state 2
q_d2 = (u2-exp(r*delta_t))/(u2-d2) ;%Peluang risiko netral
pada saat saham akan turun pada state 2

for So=1:1:S0

%Membuat pohon binomial saham pada setiap periode
%S=zeros(4*step,step+1);
S(1,1)=So; %Harga Saham Sekarang

for j=2:step+1
for i=1:4*(step-1)

S(4*i-3,j)=S(i,j-1)*u1;
S(4*i-2,j)=S(i,j-1)*d1;
S(4*i-1,j)=S(i,j-1)*u2;
S(4*i,j)=S(i,j-1)*d2;
end
end
S;

```

```

%payoff setiap step
for j=step:-1:1
for i=1:4(j-1)
G(i,j)=max(S(i,j)-q*exp(gamma*delta_t*(j-1)),0);
end
end
G;

%Menghitung payoff opsi pada saat jatuh tempo
for i=1:4*step
V(i,step+1) = max(S(i,step+1)-
q*exp(gamma*delta_t*step),0);
end;
V;

%Menghitung Nilai American Call Option without deviden
in
%regime-switching with backward metode to determain
option price at time = 0
for j=step:-1:2
for i=1:4(j-1)

if mod(i,4)==1 || mod(i,4)==2
V(i,j)=max(rho*(P(1,1)*q_u1*V(4*i-
3,j+1)+P(1,1)*q_d1*V(4*i-2,j+1)+P(1,2)*q_u2*V(4*i-
1,j+1)+P(1,2)*q_d2*V(4*i,j+1)),max(S(i,j)-
q*exp(gamma*delta_t*(j-1)),0));
else
V(i,j)=max(rho*(P(2,1)*q_u1*V(4*i-
3,j+1)+P(2,1)*q_d1*V(4*i-2,j+1)+P(2,2)*q_u2*V(4*i-
1,j+1)+P(2,2)*q_d2*V(4*i,j+1)),max(S(i,j)-
q*exp(gamma*delta_t*(j-1)),0));
end

```

```

end
end
V;

%state1
V1(So)=max(rho*(P(1,1)*q_u1*V(1,2)+P(1,1)*q_d1*V(2,2)
+P(1,2)*q_u2*V(3,2)+P(1,2)*q_d2*V(4,2)),max(S(1,1)-
q*exp(gamma*delta_t*(0)),0));
%state2
V2(So)=max(rho*(P(2,1)*q_u1*V(1,2)+P(2,1)*q_d1*V(2,2)
+P(2,2)*q_u2*V(3,2)+P(2,2)*q_d2*V(4,2)),max(S(1,1)-
q*exp(gamma*delta_t*(0)),0));

axes(handles.axes3);
xlabel('Stock Price (S)');
ylabel('Stock Loan (V)');
x = 1:1:S0;
hold on
end

elseif sabilazamani==4
%INPUT DATA
So = str2num(get(handles.edit18,'string')); %Harga Saham
Sekarang
q = str2num(get(handles.edit19,'string')); %Besar Pinjaman
(Loan)
gamma = str2num(get(handles.edit16,'string')); %Suku
Bunga Pinjaman
r = str2num(get(handles.edit17,'string')); %Suku Bunga
Bebas Resiko
step = str2num(get(handles.edit14,'string'));%Banyaknya
Periode (N)
T = str2num(get(handles.edit15,'string'));%Waktu Jatuh

```

```

Tempo
Vol1 = str2num(get(handles.edit12,'string')); %Volatilitas
pada state 1
vol2 = 0.3;
p11 = str2num(get(handles.edit10,'string'));%Peluang
jumping state dari state 1 ke state 1
p12=1-p11; %Peluang jumping state dari state 1 ke state 2
p22 = str2num(get(handles.edit11,'string'));%Peluang
jumping state dari state 2 ke state 2
p21=1-p22; %Peluang jumping state dari state 2 ke state 1
delta.t = T/step; %Membagi interval [0,T] menjadi
subinterval delta.t dengan panjang yang sama
rho = exp(-r*delta.t); %Faktor diskon yang akan digunakan
pada metode backward

%matrix transisi markov chain (regime switching 2 state)
P=zeros(2,2);
P(1,1)=p11; %Peluang jumping state dari state 1 ke state 1
P(1,2)=p12; %Peluang jumping state dari state 1 ke state 2
P(2,1)=p21; %Peluang jumping state dari state 2 ke state 1
P(2,2)=p22; %Peluang jumping state dari state 2 ke state 2
P;

z=0;
for Vol2=0.1:0.01:vol2
z=z+1;
%rasio
u1 = exp(Vol1*sqrt(delta.t)); %Proporsi saham yang akan
naik pada state 1
d1 = 1/u1; %Proporsi saham yang akan turun pada state 1
u2 = exp(Vol2*sqrt(delta.t)); %Proporsi saham yang akan
naik pada state 2
d2 = 1/u2; %Proporsi saham yang akan turun pada state 2

```

```

%peluang
q_u1 = (exp(r*delta_t)-d1)/(u1-d1) ;%Peluang risiko netral
pada saat saham akan naik pada state 1
q_d1 = (u1-exp(r*delta_t))/(u1-d1); %Peluang risiko netral
pada saat saham akan turun pada state 1
q_u2 = (exp(r*delta_t)-d2)/(u2-d2) ;%Peluang risiko netral
pada saat saham akan naik pada state 2
q_d2 = (u2-exp(r*delta_t))/(u2-d2) ;%Peluang risiko netral
pada saat saham akan turun pada state 2

```

```

%Membuat pohon binomial saham pada setiap periode
% S=zeros(4*step,step+1);
S(1,1)=So; %Harga Saham Sekarang

```

```

for j=2:step+1
for i=1:4*(step-1)

S(4*i-3,j)=S(i,j-1)*u1;
S(4*i-2,j)=S(i,j-1)*d1;
S(4*i-1,j)=S(i,j-1)*u2;
S(4*i,j)=S(i,j-1)*d2;
end
end

```

```

S;

```

```

%payoff setiap step
for j=step:-1:1
for i=1:4*(j-1)
G(i,j)=max(S(i,j)-q*exp(gamma*delta_t*(j-1)),0);

```

```

end
end
G;

%Menghitung payoff opsi pada saat jatuh tempo
for i=1:4*step
V(i,step+1) = max(S(i,step+1)-
q*exp(gamma*delta_t*step),0);
end;
V;

%Menghitung Nilai American Call Option without deviden
in
%regime-switching with backward metode to determain
option price at time = 0
for j=step:-1:2
for i=1:4*(j-1)

if mod(i,4)==1 || mod(i,4)==2
V(i,j)=max(rho*(P(1,1)*q_u1*V(4*i-
3,j+1)+P(1,1)*q_d1*V(4*i-2,j+1)+P(1,2)*q_u2*V(4*i-
1,j+1)+P(1,2)*q_d2*V(4*i,j+1)),max(S(i,j)-
q*exp(gamma*delta_t*(j-1)),0));
else
V(i,j)=max(rho*(P(2,1)*q_u1*V(4*i-
3,j+1)+P(2,1)*q_d1*V(4*i-2,j+1)+P(2,2)*q_u2*V(4*i-
1,j+1)+P(2,2)*q_d2*V(4*i,j+1)),max(S(i,j)-
q*exp(gamma*delta_t*(j-1)),0));
end
end
end
V;

```

```

%payoff setiap step
for j=step:-1:1
for i=1:4(j-1)
G(i,j)=max(S(i,j)-q*exp(gamma*delta_t*(j-1)),0);
end
end
G;

%Menghitung payoff opsi pada saat jatuh tempo
for i=1:4$step
V(i,step+1) = max(S(i,step+1)-
q*exp(gamma*delta_t*step),0);
end;
V;

%Menghitung Nilai American Call Option without deviden
in
%regime-switching with backward metode to determain
option price at time = 0
for j=step:-1:2
for i=1:4(j-1)

if mod(i,4)==1 || mod(i,4)==2
V(i,j)=max(rho*(P(1,1)*q_u1*V(4*i-
3,j+1)+P(1,1)*q_d1*V(4*i-2,j+1)+P(1,2)*q_u2*V(4*i-
1,j+1)+P(1,2)*q_d2*V(4*i,j+1)),max(S(i,j)-
q*exp(gamma*delta_t*(j-1)),0));
else
V(i,j)=max(rho*(P(2,1)*q_u1*V(4*i-
3,j+1)+P(2,1)*q_d1*V(4*i-2,j+1)+P(2,2)*q_u2*V(4*i-
1,j+1)+P(2,2)*q_d2*V(4*i,j+1)),max(S(i,j)-
q*exp(gamma*delta_t*(j-1)),0));
end

```



```

end
end
V;

%state1
V1(z)=max(rho*(P(1,1)*q_u1*V(1,2)+P(1,1)*q_d1*V(2,2)
+P(1,2)*q_u2*V(3,2)+P(1,2)*q_d2*V(4,2)),max(S(1,1)-
q*exp(gamma*delta_t*(0)),0));
%state2
V2(z)=max(rho*(P(2,1)*q_u1*V(1,2)+P(2,1)*q_d1*V(2,2)
+P(2,2)*q_u2*V(3,2)+P(2,2)*q_d2*V(4,2)),max(S(1,1)-
q*exp(gamma*delta_t*(0)),0));

axes(handles.axes3);
xlabel('Volatilitas (\sigma_2)');
ylabel('Stock Loan (V)');
x = 0.1:0.01:vol2;
hold on
end

elseif sabilazamani==5
%INPUT DATA
So = str2num(get(handles.edit18,'string')); %Harga Saham
Sekarang
q = str2num(get(handles.edit19,'string')); %Besar Pinjaman
(Loan)
gamma = str2num(get(handles.edit16,'string')); %Suku
Bunga Pinjaman
r = str2num(get(handles.edit17,'string')); %Suku Bunga
Bebas Resiko
step = str2num(get(handles.edit14,'string'));%Banyaknya
Periode (N)
t = 4;

```

```

Vol1 = str2num(get(handles.edit12,'string')); %Volatilitas
pada state 1
Vol2 = str2num(get(handles.edit13,'string')); %Volatilitas
pada state 2
p11 = str2num(get(handles.edit10,'string'));%Peluang
jumping state dari state 1 ke state 1
p12=1-p11; %Peluang jumping state dari state 1 ke state 2
p22 = str2num(get(handles.edit11,'string'));%Peluang
jumping state dari state 2 ke state 2
p21=1-p22; %Peluang jumping state dari state 2 ke state 1

%matrix transisi markov chain (regime switching 2 state)
P=zeros(2,2);
P(1,1)=p11; %Peluang jumping state dari state 1 ke state 1
P(1,2)=p12; %Peluang jumping state dari state 1 ke state 2
P(2,1)=p21; %Peluang jumping state dari state 2 ke state 1
P(2,2)=p22; %Peluang jumping state dari state 2 ke state 2
P;

z=0;
for T=1:0.1:t
z=z+1;
delta_t = T/step; %Membagi interval [0,T] menjadi
subinterval
delta_t dengan panjang yang sama
rho = exp(-r*delta_t); %Faktor diskon yang akan digunakan
pada metode backward

%rasio
u1 = exp(Vol1*sqrt(delta_t)); %Proporsi saham yang akan
naik pada state 1
d1 = 1/u1; %Proporsi saham yang akan turun pada state 1

```

```
u2 = exp(Vol2*sqrt(delta_t)); %Proporsi saham yang akan
naik pada state 2
```

```
d2 = 1/u2; %Proporsi saham yang akan turun pada state 2
```

```
%peluang
```

```
q_u1 = (exp(r*delta_t)-d1)/(u1-d1) ;%Peluang risiko netral
pada saat saham akan naik pada state 1
```

```
q_d1 = (u1-exp(r*delta_t))/(u1-d1); %Peluang risiko netral
pada saat saham akan turun pada state 1
```

```
q_u2 = (exp(r*delta_t)-d2)/(u2-d2) ;%Peluang risiko netral
pada saat saham akan naik pada state 2
```

```
q_d2 = (u2-exp(r*delta_t))/(u2-d2) ;%Peluang risiko netral
pada saat saham akan turun pada state 2
```

```
%Membuat pohon binomial saham pada setiap periode
```

```
% S=zeros(4*step,step+1);
```

```
S(1,1)=So; %Harga Saham Sekarang
```

```
for j=2:step+1
```

```
for i=1:4*(step-1)
```

```
S(4*i-3,j)=S(i,j-1)*u1;
```

```
S(4*i-2,j)=S(i,j-1)*d1;
```

```
S(4*i-1,j)=S(i,j-1)*u2;
```

```
S(4*i,j)=S(i,j-1)*d2;
```

```
end
```

```
end
```

```
S;
```

```
%payoff setiap step
```

```
for j=step:-1:1
```

```
for i=1:4*(j-1)
```

```

G(i,j)=max(S(i,j)-q*exp(gamma*delta_t*(j-1)),0);
end
end
G;

%Menghitung payoff opsi pada saat jatuh tempo
for i=1:4*step
V(i,step+1) = max(S(i,step+1)-
q*exp(gamma*delta_t*step),0);
end;
V;

%Menghitung Nilai American Call Option without deviden
in
%regime-switching with backward metode to determain
option price at time = 0
for j=step:-1:2
for i=1:4(j-1)

if mod(i,4)==1 || mod(i,4)==2
V(i,j)=max(rho*(P(1,1)*q_u1*V(4*i-
3,j+1)+P(1,1)*q_d1*V(4*i-2,j+1)+P(1,2)*q_u2*V(4*i-
1,j+1)+P(1,2)*q_d2*V(4*i,j+1)),max(S(i,j)-
q*exp(gamma*delta_t*(j-1)),0));
else
V(i,j)=max(rho*(P(2,1)*q_u1*V(4*i-
3,j+1)+P(2,1)*q_d1*V(4*i-2,j+1)+P(2,2)*q_u2*V(4*i-
1,j+1)+P(2,2)*q_d2*V(4*i,j+1)),max(S(i,j)-
q*exp(gamma*delta_t*(j-1)),0));
end
end
end
end
V;

```

```

%state1
V1(z)=max(rho*(P(1,1)*q_u1*V(1,2)+P(1,1)*q_d1*V(2,2)
+P(1,2)*q_u2*V(3,2)+P(1,2)*q_d2*V(4,2)),max(S(1,1)-
q*exp(gamma*delta_t*(0)),0));
%state2
V2(z)=max(rho*(P(2,1)*q_u1*V(1,2)+P(2,1)*q_d1*V(2,2)
+P(2,2)*q_u2*V(3,2)+P(2,2)*q_d2*V(4,2)),max(S(1,1)-
q*exp(gamma*delta_t*(0)),0));
axes(handles.axes3);
xlabel('Maturity (T)');
ylabel('Stock Loan (V)');
x=1:0.1:t
hold on
end

elseif sabilazamani==6
%INPUT DATA
So = str2num(get(handles.edit18,'string')); %Harga Saham
Sekarang
q = str2num(get(handles.edit19,'string')); %Besar Pinjaman
(Loan)
Gamma = 0.07;
r = str2num(get(handles.edit17,'string')); %Suku Bunga
Bebas Resiko
step = str2num(get(handles.edit14,'string'));%Banyaknya
Periode (N)
T = str2num(get(handles.edit15,'string'));%Waktu Jatuh
Tempo
Vol1 = str2num(get(handles.edit12,'string')); %Volatilitas
pada state 1
Vol2 = str2num(get(handles.edit13,'string')); %Volatilitas
pada state 2

```

```

p11    =    str2num(get(handles.edit10,'string'));%Peluang
jumping state dari state 1 ke state 1
p12=1-p11;%Peluang jumping state dari state 1 ke state 2
p22    =    str2num(get(handles.edit11,'string'));%Peluang
jumping state dari state 2 ke state 2
p21=1-p22;%Peluang jumping state dari state 2 ke state 1

```

```

%matrix transisi markov chain (regime switching 2 state)
P=zeros(2,2);
P(1,1)=p11;%Peluang jumping state dari state 1 ke state 1
P(1,2)=p12;%Peluang jumping state dari state 1 ke state 2
P(2,1)=p21;%Peluang jumping state dari state 2 ke state 1
P(2,2)=p22;%Peluang jumping state dari state 2 ke state 2
P;

```

```

delta_t = T/step; %Membagi interval [0,T] menjadi
subinterval delta_t dengan panjang yang sama
rho = exp(-r*delta_t); %Faktor diskon yang akan digunakan
pada metode backward

```

```

%rasio
u1 = exp(Vol1*sqrt(delta_t)); %Proporsi saham yang akan
naik pada state 1
d1 = 1/u1; %Proporsi saham yang akan turun pada state 1
u2 = exp(Vol2*sqrt(delta_t)); %Proporsi saham yang akan
naik pada state 2
d2 = 1/u2; %Proporsi saham yang akan turun pada state 2

```

```

%peluang
q_u1 = (exp(r*delta_t)-d1)/(u1-d1) ;%Peluang risiko netral
pada saat saham akan naik pada state 1
q_d1 = (u1-exp(r*delta_t))/(u1-d1); %Peluang risiko netral

```

```

pada saat saham akan turun pada state 1
q_u2 = (exp(r*delta_t)-d2)/(u2-d2) ;%Peluang risiko netral
pada saat saham akan naik pada state 2
q_d2 = (u2-exp(r*delta_t))/(u2-d2) ;%Peluang risiko netral
pada saat saham akan turun pada state 2

z=0;
for gamma=0:0.001:Gamma
z=z+1;

%Membuat pohon binomial saham pada setiap periode
% S=zeros(4*step,step+1);
S(1,1)=So; %Harga Saham Sekarang

for j=2:step+1
for i=1:4*(step-1)

S(4*i-3,j)=S(i,j-1)*u1;
S(4*i-2,j)=S(i,j-1)*d1;
S(4*i-1,j)=S(i,j-1)*u2;
S(4*i,j)=S(i,j-1)*d2;
end
end

S;

%payoff setiap step
for j=step:-1:1
for i=1:4*(j-1)
G(i,j)=max(S(i,j)-q*exp((gamma)*delta_t*(j-1)),0);
end
end
G;

```

```

%Menghitung payoff opsi pada saat jatuh tempo
for i=1:4$step
V(i,step+1) = max(S(i,step+1)-
q*exp((gamma)*delta_t*step),0);
end;
V;

%Menghitung Nilai American Call Option without deviden
in
%regime-switching with backward metode to determain
option price at time = 0
for j=step:-1:2
for i=1:4(j-1)

if mod(i,4)==1 || mod(i,4)==2
V(i,j)=max(rho*(P(1,1)*q_u1*V(4*i-
3,j+1)+P(1,1)*q_d1*V(4*i-2,j+1)+P(1,2)*q_u2*V(4*i-
1,j+1)+P(1,2)*q_d2*V(4*i,j+1)),max(S(i,j)-
q*exp((gamma)*delta_t*(j-1)),0));
else
V(i,j)=max(rho*(P(2,1)*q_u1*V(4*i-
3,j+1)+P(2,1)*q_d1*V(4*i-2,j+1)+P(2,2)*q_u2*V(4*i-
1,j+1)+P(2,2)*q_d2*V(4*i,j+1)),max(S(i,j)-
q*exp((gamma)*delta_t*(j-1)),0));
end
end
end
V;

%state1
V1(z)=max(rho*(P(1,1)*q_u1*V(1,2)+P(1,1)*q_d1*V(2,2)
+P(1,2)*q_u2*V(3,2)+P(1,2)*q_d2*V(4,2)),max(S(1,1)-

```



```

q*exp(gamma*delta_t*(0)),0));
%state2
V2(z)=max(rho*(P(2,1)*q_u1*V(1,2)+P(2,1)*q_d1*V(2,2)
+P(2,2)*q_u2*V(3,2)+P(2,2)*q_d2*V(4,2)),max(S(1,1)-
q*exp(gamma*delta_t*(0)),0));

axes(handles.axes3);
xlabel('Suku Bunga Pinjaman (\gamma)');
ylabel('Stock Loan (V)');
x=0:0.001:Gamma
hold on
end
end

C = [V1' V2'];
set(handles.uitable1,'ColumnWidth',64 'auto' 40 40 'auto'
72)
set(handles.uitable1,'data',C,'RowName',x);

%grafik
axes(handles.axes3);
plot(x,V1','r*',x,V2','b*')
legend('V1','V2')
hold all

case 'TIDAK'
end
function edit12_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to edit12 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles structure with handles and user data (see
GUIDATA)

```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit12 as
text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of
edit12 as a double
```

```
% — Executes during object creation, after setting all
properties.
```

```
function edit12_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to edit12 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles empty - handles not created until after all
CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white background
on Windows.
```

```
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function edit13_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to edit13 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles structure with handles and user data (see
GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit13 as
```

```

text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of
edit13 as a double

% — Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit13_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to edit13 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background
on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit14_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to edit14 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles structure with handles and user data (see
GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit14 as
text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of

```

edit14 as a double

% — Executes during object creation, after setting all properties.

function edit14_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

% hObject handle to edit14 (see GCBO)

% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB

% handles empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.

% See ISPC and COMPUTER.

if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),

get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');

end

function edit15_Callback(hObject, eventdata, handles)

% hObject handle to edit15 (see GCBO)

% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB

% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit15 as text

% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit15 as a double

% — Executes during object creation, after setting all properties.

```
function edit15_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
```

```
% hObject handle to edit15 (see GCBO)
```

```
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
```

```
% handles empty - handles not created until after all
CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white background
on Windows.
```

```
% See ISPC and COMPUTER.
```

```
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
```

```
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
```

```
set(hObject,'BackgroundColor','white');
```

```
end
```

```
function edit16_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
% hObject handle to edit16 (see GCBO)
```

```
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
```

```
% handles structure with handles and user data (see
GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit16 as
text
```

```
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of
edit16 as a double
```

% — Executes during object creation, after setting all

properties.

```
function edit16_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to edit16 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles empty - handles not created until after all
CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white background
on Windows.
```

```
% See ISPC and COMPUTER.
```

```
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function edit17_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to edit17 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles structure with handles and user data (see
GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit17 as
text
```

```
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of
edit17 as a double
```

```
% — Executes during object creation, after setting all
properties.
```

```
function edit17_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
```

```
% hObject handle to edit17 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles empty - handles not created until after all
CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white background
on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function edit18_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to edit18 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles structure with handles and user data (see
GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit18 as
text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of
edit18 as a double
```

```
% — Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit18_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to edit18 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
```

MATLAB

```
% handles empty - handles not created until after all
CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white background
on Windows.
```

```
% See ISPC and COMPUTER.
```

```
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function edit19_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
% hObject handle to edit19 (see GCBO)
```

```
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
```

```
% handles structure with handles and user data (see
GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit19 as
text
```

```
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of
edit19 as a double
```

```
% — Executes during object creation, after setting all
properties.
```

```
function edit19_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
```

```
% hObject handle to edit19 (see GCBO)
```

```
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
```

```
% handles empty - handles not created until after all
```


CreateFcns called

```
% Hint: edit controls usually have a white background
on Windows.
```

```
% See ISPC and COMPUTER.
```

```
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
% — Executes on button press in reset.
```

```
function reset_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
% hObject handle to reset (see GCBO)
```

```
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
```

```
% handles structure with handles and user data (see
GUIDATA)
```

```
% Construct a questdlg with three options
```

```
choice = questdlg('APAKAH ANDA YAKIN
RESET','','YA','TIDAK','');
```

```
% Handle response
```

```
switch choice
```

```
case 'YA'
```

```
set(handles.edit18,'string','');
```

```
set(handles.edit19,'string','');
```

```
set(handles.edit16,'string','');
```

```
set(handles.edit17,'string','');
```

```
set(handles.edit14,'string','');
```

```
set(handles.edit15,'string','');
```

```
set(handles.edit12,'string','');
```

```

set(handles.edit13,'string','');
set(handles.edit10,'string','');
set(handles.edit11,'string','');
set(handles.reset,'enable','on');
set(handles.hitung,'enable','on');
set(handles.uitable1,'Data',[1,1,'RowName',[1 2 3 4]]);
cla(handles.axes3);
axes(handles.axes3);
xlabel("");
ylabel("");
legend("", "");
clear all
clc

```

```

case 'TIDAK'
end

```

```

% — Executes on button press in pushbutton5.
function pushbutton5_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to pushbutton5 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles structure with handles and user data (see
GUIDATA)
choice = questdlg('APAKAH ANDA YAKIN
KELUAR','','YA','TIDAK','');
% Handle response
switch choice
case 'YA'
close
case 'TIDAK'
end

```

LAMPIRAN B

Biodata Penulis



Penulis bernama Muhammad Sabila Zamani, biasa dipanggil zani. Penulis lahir di Gresik, 10 juni 1995. Penulis merupakan putra dari pasangan Papa Achmad Muslichan dan Mama Ghoniah Indah Wati. Penulis mengenyam pendidikan formal mulai dari TK Dharma Wanita (2000-2001), SD Muhammadiyah 1 Gresik (2001-2007), SMP N 1 Gresik (2007-2010), dan SMA N 1 Gresik (2010-2013). Selanjutnya penulis melanjutkan studi ke jenjang S1 Matematika ITS pada tahun 2013 melalui jalur SBMPTN dengan NRP 1213 100 064. Penulis juga mendapatkan beasiswa BIDIKMISI. Penulis mengambil bidang minat Matematika Terapan. Penulis memiliki pengalaman berorganisasi di KM ITS sebagai staff Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa HIMATIKA ITS (2014-2015), Kepala Departemen Internal UKM JU-JITSU ITS (2014-2015), Kepala Departemen Dalam Negeri BEM FMIPA ITS (2015-2016) dan Ketua UKM JU-JITSU ITS (2015-2016).

Informasi lebih lanjut mengenai Tugas Akhir ini dapat ditujukan ke penulis melalui email: *zanysabila@gmail.com*